



**DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**  
**Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño**

**Caracterización y comportamiento bioclimático  
de la vivienda tradicional de la Alta Tarahumara**

**Tesis de investigación para optar por el grado de**

**MAESTRÍA EN DISEÑO**

**Línea de investigación:**

**Arquitectura Bioclimática**

**Presenta:**

**IRATZIO ESQUIVEL GARCÍA**

**Miembros del Jurado:**

**Dra. Esperanza García López**

**Directora de tesis**

**Dr. Francisco Javier López Morales**

**Dr. José Roberto García Chávez**

**Dr. Víctor Fuentes Freixanet**

**Dr. Salvador Rodríguez Kuri**

**México D.F., marzo de 2010**

**Agradecimientos especiales a:**

mi entrañable amigo **Carlos Eduardo Ávila**

...compañía en este período de aprendizaje y  
apoyo incondicional, siempre impregnado de buen ánimo e inteligencia

mi amiga y directora de esta tesis

**Esperanza García**

...entrega y apasionamiento por todo aquello que se emprende

cada uno de **mis sinodales**

... invaluableles observaciones en el proceso de culminación de la tesis

**La Coordinación Estatal de la Tarahumara de Chihuahua**

a través de su Vocal, el **Ing. Jaime Enríquez**,

...gran apoyo para el trabajo de campo

también a

**Olguita, Laura y Ana Celi**

... amable colaboración y amistad

**Xabier Fernández Coronado**

...Importante apoyo para la revisión de estilo y redacción



## **¿Vivienda de los rarámuris?...**

en realidad un espacio para dormir y cocinar

**La Sierra** (su espacio habitable)...**es la verdadera vivienda**

## **¿Confort bioclimático?...**

ciertamente subjetivo...

## **¿Sostenibilidad?...**

hoy, ineludible...

### **Estos dos, temas urgentes**

cuando estrategias de diseño y acondicionamiento inadecuadas  
inciden gravemente en la salud:

## **Las enfermedades de las vías respiratorias**

(inhalación de CO<sub>2</sub> por quema de leña)

### **y gastrointestinales**

(consumo de agua contaminada)

son las **principales causas de mortalidad**

de los habitantes rarámuris

de la Alta Tarahumara (INEGI 2009)

# INDICE

## 1. CAPITULO I: PRESENTACIÓN DE LA TESIS

<b>1.1. Antecedentes del tema</b> .....	7
1.1.1. Justificación .....	7
1.1.2. Enfoque de la tesis .....	8
<b>1.2. Hipótesis y objetivos de la investigación</b> .....	8
1.2.1. Hipótesis general .....	8
1.2.2. Objetivo general.....	9
1.2.3. Hipótesis particulares .....	9
1.2.4. Objetivos Particulares.....	9
1.2.5. Objetivos específicos.....	10
<b>1.3. Aportación al diseño</b> .....	11

## 2. CAPÍTULO II

<b>2.1. Un origen incierto</b> .....	13
<b>2.2. Paisaje fantástico y agreste</b> .....	14
<b>2.3. Esbozo histórico. ¿Aislamiento forzoso?</b> .....	17
<b>2.4. Los <i>Rarámuris</i>: Filósofos por naturaleza</b> .....	18
<b>2.5. Hábitat y contexto</b> .....	20
<b>2.6. La Educación y los niños</b> .....	22
<b>2.7. Naturaleza austera y medio construido</b> .....	23
<b>2.8. Tradiciones y misticismo. Cultura y filosofía de vida</b> .....	24
<b>2.9. Hacia el futuro. Respeto y reservación</b> .....	27

## 3. CAPÍTULO III

<b>3.1. Reconocimiento regional, septiembre de 2008</b> .....	29
<b>3.2. El paisaje natural y los poblados</b> .....	33
<b>3.3. El recorrido en imágenes</b> .....	34
3.3.1. Bloques fotográficos primer viaje.....	35

<b>3.4. Conformación de los poblados</b>	49
3.4.1. Esquemas dispersos	49
3.4.2. Orientaciones	52
3.4.3. Paisaje urbano	54
3.4.4. Componentes constructivos de la vivienda	54
3.4.5. Formas y soluciones	63
<b>3.5. La Coordinación Estatal de la Tarahumara (CET)</b>	72

## 4. CAPITULO IV

<b>4.1. Análisis climático regional</b>	73
4.1.1. Obtención de datos climatológicos	73
4.1.2. Sitio de referencia: Bocoyna	74
4.1.2.1. Tablas y gráficas	74
4.1.2.1.1. Tablas mensuales	76
4.1.2.1.2. Tablas horarias	77
4.1.2.1.3. Tablas individuales	80
4.1.2.2. Norte Magnético y Norte Solar	82
4.1.2.3. Clasificación climática de Köppen-García	83
<b>4.2. Análisis bioclimático. Acondicionamiento térmico</b>	85
4.2.1. Temperatura Efectiva corregida	86
4.2.1.1. Trazo anual completo	86
4.2.1.2. Trazo períodos extremos. Enero y junio	87
4.2.2. Carta Bioclimática de Olgyay	88
4.2.2.1. Trazo anual completo (datos mensuales)	88
4.2.2.2. Trazo horario períodos extremos	89
4.2.3. Triángulos de Evans	90
4.2.3.1. Estrategias	90
4.2.3.2. Actividades	91
4.2.4. Tablas de Mahoney	92
4.2.5. Carta Psicrométrica de Steven Szokolay	94
4.2.5.1. Datos mensuales general	95
4.2.5.2. Datos horarios períodos extremos	95

4.2.6.	Ciclos estacionales .....	98
4.2.7.	Matriz de Climatización .....	99
<b>4.3.</b>	<b>La vivienda <i>Rarámuri</i></b> .....	<b>101</b>
4.3.1.	Utilización del espacio interior .....	101
4.3.2.	Configuración del espacio arquitectónico .....	102
4.3.3.	Tipologías, análisis descriptivo y clasificación .....	102
4.3.3.1.	Vivienda de una sola habitación .....	102
4.3.3.2.	Vivienda dividida interiormente en dos espacios .....	103
4.3.3.3.	Vivienda de una o dos habitaciones con anexo adosado .....	103
4.3.4.	Tablas sintetizadas .....	104
4.3.5.	Clasificaciones formales .....	105
4.3.6.	Procedimientos constructivos .....	105
4.3.7.	Cubiertas .....	106
4.3.7.1.	Materiales: Doble techumbre —Cubierta y techo (torta)— .....	106
4.3.7.2.	Materiales en cubiertas .....	107
4.3.8.	Muros .....	108
4.3.8.1.	Valores de conductividad térmica de materiales .....	109
4.3.8.2.	Materiales en muros “A” .....	109
4.3.8.3.	Materiales en muros “B” .....	110
4.3.9.	Tipologías. Cubiertas exteriores .....	111
4.3.10.	Elementos accesorios de la vivienda .....	112
<b>4.4.</b>	<b>Comentarios finales</b> .....	<b>114</b>

## 5. CAPITULO V

<b>5.1.</b>	<b>Planteamiento general</b> .....	<b>115</b>
<b>5.2.</b>	<b>Elección del sitio</b> .....	<b>116</b>
5.2.1.	Cusárare .....	117
<b>5.3.</b>	<b>Los casos para estudio: selección de viviendas</b> .....	<b>119</b>
5.3.1.	Datos descriptivos: estudios de caso .....	122
5.3.2.	Espacios interiores .....	122
5.3.3.	Fichas individuales .....	122
<b>5.4.</b>	<b>Períodos de estudio</b> .....	<b>141</b>

5.4.1. Invierno: Bajo-calentamiento.....	142
5.4.2. Primavera: Alto-calentamiento .....	142
<b>5.5. Obtención de datos y equipos requeridos .....</b>	<b>143</b>
<b>5.6. Mediciones exteriores.....</b>	<b>143</b>
5.6.1. Estaciones meteorológicas .....	143
<b>5.7. Mediciones interiores.....</b>	<b>144</b>
5.7.1. Los termómetros .....	144
5.7.2. Variantes sobre las lecturas .....	145
<b>5.8. Datos complementarios .....</b>	<b>145</b>
<b>5.9. Equipos .....</b>	<b>146</b>
<b>5.10. Rangos de confort.....</b>	<b>147</b>
5.10.1. Temperaturas neutras ¿frío o calor?.....	147
5.10.2. Límites y referencias.....	147
5.10.3. Ampliación de las zonas de confort. Método Adaptativo.....	149
<b>5.11. Organización, presentación y manejo de datos. Tablas y figuras .....</b>	<b>151</b>
5.11.1. Temperaturas máximas y mínimas. CET TUTOR.....	151
5.11.2. Tablas de mediciones y gráficas de referencia .....	153

## 6. CAPITULO VI

<b>6.1. Planteamientos generales .....</b>	<b>157</b>
<b>6.2. El sitio. Referentes de conjunto .....</b>	<b>159</b>
6.2.1. Plano de ubicación de las viviendas dentro de Cusárare.....	160
<b>6.3. Inicio de las mediciones .....</b>	<b>161</b>
6.3.1. Bajo-calentamiento: mediciones de Invierno –enero–.....	162
6.3.1.1. Datos generales .....	162
6.3.1.2. Temperaturas interiores y exteriores .....	163
6.3.1.3. Temperaturas exteriores.....	164
6.3.1.4. Referentes fotográficos del clima .....	166
6.3.1.5. Temperaturas interiores generales.....	169
6.3.1.6. Tablas y gráficas individuales.....	170
6.3.1.6.1. Vivienda CET TUTOR .....	170
6.3.1.6.2. ADOBE I.....	171

6.3.1.6.3.	ADOBE II .....	172
6.3.1.6.4.	MADERA I .....	173
6.3.1.6.5.	MADERA II .....	174
6.3.1.6.6.	MADERA III .....	175
6.3.1.6.7.	PIEDRA I .....	176
6.3.1.6.8.	PIEDRA II .....	177
6.3.1.7.	Agrupación por materiales .....	178
6.3.1.7.1.	PIEDRA .....	178
6.3.1.7.2.	ADOBE .....	179
6.3.1.7.3.	MADERA .....	180
6.3.1.8.	Agrupación por uso del espacio .....	181
6.3.1.8.1.	Espacios con cocción .....	181
6.3.2.	Alto-calentamiento: mediciones de primavera .....	182
6.3.2.1.	Datos Generales .....	182
6.3.2.1.1.	Ejemplo de tabla de datos y gráficas horarias CET CONTROL... ..	183
6.3.2.1.2.	Organización y graficación de Alto-calentamiento .....	184
6.3.2.1.3.	Tabla general de temperaturas interiores y exteriores.....	187
6.3.2.2.	Temperaturas exteriores .....	188
6.3.2.2.1.	Tabla y gráfica de temperaturas exteriores.....	188
6.3.2.2.2.	Referentes fotográficos del clima.....	189
6.3.2.3.	Temperaturas interiores .....	192
6.3.2.4.	Tablas y gráficas individuales de máximas y mínimas.....	193
6.3.2.4.1.	CET TUTOR .....	193
6.3.2.4.2.	ADOBE I .....	194
6.3.2.4.3.	ADOBE II .....	195
6.3.2.4.4.	MADERA II .....	196
6.3.2.4.5.	MADERA IV .....	197
6.3.2.4.6.	PIEDRA II .....	198
6.3.2.5.	Tablas agrupadas del período: Materiales .....	199
6.3.2.5.1.	PIEDRA .....	199
6.3.2.5.2.	ADOBE .....	200
6.3.2.5.3.	MADERA .....	201
6.3.2.6.	Tablas agrupadas del período uso del espacio.....	202

6.3.2.6.1. Espacios con cocción.....	202
6.3.2.6.2. Espacios sin cocción .....	203
<b>6.4. Mediciones complementarias.....</b>	<b>204</b>
6.4.1. Humedad relativa .....	204
6.4.2. Otras mediciones .....	206
6.4.2.1. Viento, altitud y presión atmosférica.....	206
6.4.2.2. Radiación solar.....	207
6.4.2.3. Índice de viento frío .....	209
6.4.2.4. Altitud y Presión Atmosférica.....	210
<b>6.5. Comentarios finales del capítulo .....</b>	<b>211</b>

## 7. CAPITULO VII

<b>7.1. Planteamientos generales .....</b>	<b>213</b>
<b>7.2. Temperaturas exteriores.....</b>	<b>214</b>
7.2.1. Temperaturas promediadas .....	214
7.2.2. Las Gráficas.....	213
7.2.2.1. Tabla sintetizada de temperaturas promediadas ambos períodos ....	217
7.2.2.2. Gráfica sintetizada de temperaturas promedio de ambos períodos ..	218
<b>7.3. Temperaturas interiores .....</b>	<b>219</b>
7.3.1. Tabla de temperaturas interiores ambos períodos.....	219
7.3.2. Gráficas de temperaturas interiores ambos períodos .....	220
<b>7.4. Comparativos agrupados .....</b>	<b>221</b>
7.4.1. ADOBE.....	222
7.4.2. PIEDRA.....	223
7.4.3. MADERA.....	227
<b>7.5. Comparativos finales .....</b>	<b>231</b>
7.5.1. Gráficas comparativas finales .....	231
7.5.1.1. Mejores ejemplos de bajo-calentamiento .....	231
7.5.1.2. Mejores ejemplos de Alto-calentamiento .....	232
7.5.1.3. Casos contrarios de ambos períodos .....	233
7.5.1.4. Espacios sin cocción en ambos períodos.....	233
7.5.1.5. Espacios con cocción en ambos períodos.....	234

<b>7.6. Resumen gráfico general de ambos períodos .....</b>	<b>235</b>
7.6.1. Gráficas sintetizadas de oscilaciones .....	237
7.6.2. Gráficas de bajo-calentamiento y sobre-calentamiento .....	237
<b>7.7. Comentarios finales .....</b>	<b>238</b>

## **8. CAPITULO VIII**

<b>8.1. Lo previsto y lo hallado .....</b>	<b>239</b>
8.1.1. Los <i>Rarámuris</i> y la Alta Tarahumara .....	239
8.1.2. Confort y aclimatación .....	240
8.1.3. Vivienda y contexto.....	240
8.1.4. Clasificación de vivienda .....	240
8.1.5. Las configuraciones.....	241
8.1.6. Estrategias de diseño bioclimático.....	241
8.1.7. Materiales y elementos constructivos. La torta y el rípiado.....	242
8.1.7.1. Adobe, piedra y madera .....	242
8.1.7.2. La elección de los materiales en la actualidad .....	243
8.1.8. Espacios accesorios. ....	244
8.1.9. Las mediciones y los casos de estudio.....	244
8.1.10. El clima en los periodos de estudio .....	245
8.1.11. Las variables de las mediciones.....	245
8.1.12. Los calentones: calefacción y cocción.....	246
8.1.13. “Las encuestas” .....	247
8.1.14. La vestimenta .....	247
<b>8.2. Postulados esenciales: Educación ambiental (salud, recursos y confort) .....</b>	<b>249</b>
<b>8.3. Praxis. Implementos y sugerencias básicas .....</b>	<b>250</b>
8.3.1. Recomendación 1: Cerrar huecos (grandes y pequeños) .....	251
8.3.2. Recomendación 2: Colocar relleno “torta” en techos.....	251
8.3.3. Recomendación 3: Colocación relleno (rípio) en juntas trancos .....	251
8.3.4. Recomendación 4: Tapar huecos entre piezas de adobe .....	252
8.3.5. Recomendación 5: Colocar chambranas en puertas y ventanas .....	252
8.3.6. Recomendación 6: Implementar abatimiento de ventanas .....	252
8.3.7. Recomendación 7: Colocar cortinas frente a las ventanas durante el invierno .....	253



8.3.8.	Recomendación 8: Aislar interiores con cartón, en casas de madera delgada .....	253
8.3.9.	Recomendación 9: Encalar y preservar pisos interiores de tierra.....	253
8.3.10.	Recomendación 10: Colocar puertas para aislar habitaciones interiores .....	254
8.3.11.	Recomendación 11: Colocar dobles ventanas de madera .....	254
8.3.12.	Recomendación 12: Incrementar el tamaño de las ventanas.....	254
8.3.13.	Recomendación 13: Tapar los arrastres de las puertas durante las noches.....	255
<b>8.4.</b>	<b>Enlace con la comunidad. Folletos informativos .....</b>	<b>255</b>
<b>8.5.</b>	<b>Futuras investigaciones .....</b>	<b>256</b>
8.5.1.	Las cuevas .....	256
8.5.2.	Clasificación ampliada .....	256
8.5.3.	Conocimiento ancestral.....	257
8.5.4.	Recursos disponibles .....	257
8.5.5.	Calentones: estufas y calefactores .....	259
<b>8.6.</b>	<b>Comentarios finales .....</b>	<b>259</b>

## **9. CAPITULO IX**

<b>9.1.</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>261</b>
<b>9.2.</b>	<b>Referencias web .....</b>	<b>261</b>
<b>9.3.</b>	<b>Bibliografía general .....</b>	<b>262</b>
<b>9.4.</b>	<b>Bibliografía sugerida .....</b>	<b>263</b>
<b>9.5.</b>	<b>Páginas web sugeridas .....</b>	<b>265</b>

## **ANEXOS**

<b>Contenido General.....</b>	<b>267</b>
<b>Anexos I al XII.....</b>	<b>269-301</b>



ÍNDICE DE FIGURAS	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Vista Panorámica carretera Creel-Rocheachi.	5
<b>Figura 2.</b> Vivienda abandonada en Papajichi.	5
<b>Figura 3.</b> Paisaje en los alrededores de Siquirichi.	15
<b>Figura 4.</b> Paisaje mirador entre Creel y Rocheachi.	16
<b>Figura 5.</b> Doña Mari. Moliendo, colando y fermentando el maíz, y bebiendo el tesgüino	20
<b>Figura 6.</b> Vistas aéreas <i>Google Earth</i> poblados flanqueados por ríos: Cerocahui y Papajichi.	21
<b>Figura 7.</b> Grupo de primaria en Cusárare.	23
<b>Figura 8.</b> Don Juan Camilo y el <i>chapareke</i> .	25
<b>Figura 9.</b> Misa de domingo en Cusárare.	26
<b>Figura 10.</b> Ubicación regional de la Sierra Tarhumara.	29
<b>Figura 11.</b> Mapa del primer viaje de reconocimiento,	32
<b>Figura 12.</b> Mapa Norogachi, Papajichi y Siquirichi.	32
<b>Figura 13.</b> Bloque Fotográfico trayecto hacia la sierra, campos menonitas, Creel.	35
<b>Figura 14.</b> Bloque Fotográfico trayecto Bocoyna a Sisoguichi: paisajes y terracería.	35
<b>Figura 15.</b> Bloque fotográfico Sisoguichi: Vivienda, Misión y paisaje en el poblado.	38
<b>Figura 16.</b> Bloque fotográfico trayecto Creel hacia Cusárare: periferia Creel, L Arereko.	38
<b>Figura 17.</b> Bloque fotográfico Cusárare: Misión (fachada y exterior atrio), interior	39
<b>Figura 18.</b> Bloque fotográfico trayecto de Creel hacia Rocheachi: carretera y paisajes.	39
<b>Figura 19.</b> Bloque fotográfico Rocheachi: vistas alrededores.	42
<b>Figura 20.</b> Bloque fotográfico Guachochi: centro Ciudad.	42
<b>Figura 21.</b> Bloque fotográfico trayecto Guachochi a Papajichi: terracería y paisajes.	43
<b>Figura 22.</b> Bloque fotográfico Papajichi: vivienda abandonada, misión y plaza <i>Kumerachi</i> .	43
<b>Figura 23.</b> Bloque fotográfico trayecto Papaguichi a Siquirichi.	46
<b>Figura 24.</b> Bloque fotográfico Siquirichi: vistas Panorámicas.	46
<b>Figura 25.</b> Bloque fotográfico trayecto Siquirichi a Norogachi.	47
<b>Figura 26.</b> Bloque fotográfico Norogachi. Vivienda, Misión y Paisaje Poblado.	47
<b>Figura 27.</b> Norogachi. Trazas periferia (izquierda) y centro del poblado (derecha).	50
<b>Figura 28.</b> Vista <i>Google Earth</i> Papajichi.	51

<b>Figura 29.</b> Vista aérea <i>Google Earth</i> Norogachi.	52
<b>Figura 30.</b> Vistas aéreas <i>Google Earth</i> de Bocoyna (izquierda) y Sisoguichi (derecha).	53
<b>Figura 31.</b> Cusárare, patrón de asentamiento disperso de viviendas.	53
<b>Figura 32.</b> Bardas, cercas, ríos.	54
<b>Figura 33.</b> Vistas de los poblados, caminos locales, divisiones parcelas, viviendas aisladas.	54
<b>Figura 34.</b> Bloque fotográfico Papajichi. Viviendas con doble cubierta.	55
<b>Figura 35.</b> Esquema de techo exterior de tableta de madera.	56
<b>Figura 36.</b> Imágenes de la vivienda de piedra.	57
<b>Figura 37.</b> Cubierta exterior de vigas y troncos redondos y techo interior de canoa y torta.	59
<b>Figura 38.</b> Detalle machimbrado troncos esquinas y apoyo en cimentación.	60
<b>Figura 39.</b> Esquema muros de tablón grueso y doble cubierta de tablón y canoa.	61
<b>Figura 40.</b> Detalle esquina muro machimbrado doble.	62
<b>Figura 41.</b> Elementos constructivos y detalles.	63
<b>Figura 42.</b> Elementos constructivos y detalles.	63
<b>Figura 43.</b> Elementos constructivos y detalles.	63
<b>Figura 44.</b> Elementos constructivos y detalles.	64
<b>Figura 45.</b> Elementos constructivos y detalles.	64
<b>Figura 46.</b> Elementos constructivos y detalles.	64
<b>Figura 47.</b> Cubierta exterior de doble tableta y techo interior de tabla y vigas.	66
<b>Figura 48.</b> Muros de tablón grueso con machimbrados sencillos.	67
<b>Figura 49.</b> Elementos constructivos y detalles.	69
<b>Figura 50.</b> Elementos constructivos y detalles.	69
<b>Figura 51.</b> Elementos constructivos y detalles.	69
<b>Figura 52.</b> Vivienda de piedra con cubierta fraccionada para chimenea.	70
<b>Figura 53.</b> Detalle interiores: camastro empotrado de tablonés y piedra.	71
<b>Figura 54.</b> Ubicación de sitios con estaciones	79
<b>Figura 55.</b> Referencia de sitio de estudio y estaciones	79
<b>Figura 56.</b> Gráfica de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales.	80
<b>Figura 57.</b> Gráfica de humedad relativa máxima, mínima y media.	80
<b>Figura 58.</b> Bocoyna: Gráfica de Precipitación Pluvial y Evaporación.	81

<b>Figura 59.</b> Bocoyna. Gráfica de radiación solar directa, indirecta y difusa.	81
<b>Figura 60.</b> Simbología.	83
<b>Figura 61.</b> Bocoyna: temperaturas medias y precipitaciones mensuales.	84
<b>Figura 62.</b> Clasificación climática Köppen-García.	84
<b>Figura 63.</b> Diagrama Climático: Temperatura efectiva corregida mensual.	86
<b>Figura 64.</b> Diagrama Climático: Temperatura efectiva corregida, períodos extremos.	87
<b>Figura 65.</b> Diagrama Climático 1: Carta bioclimática de Olgay adaptada por Szokolay.	88
<b>Figura 66.</b> Carta bioclimática trazo horario de períodos extremos.	89
<b>Figura 67.</b> Diagrama Climático 2: Triángulos de Estrategias de Evans.	90
<b>Figura 68.</b> Diagrama Climático. Triángulos de Confort, zonas de actividades.	91
<b>Figura 69.</b> Diagrama Climático. Indicadores y estrategias de Mahoney.	92
<b>Figura 70.</b> Diagrama Climático. Carta psicrométrica de Szokolay. Datos mensuales.	94
<b>Figura 71.</b> Diagrama Climático. Carta Psicrométrica de Szokolay. Datos horarios extremos.	95
<b>Figura 72.</b> Ciclos Estacionales	98
<b>Figura 73.</b> Diagrama climático: Matriz de climatización.	99
<b>Figura 74.</b> Simbología.	99
<b>Figura 75.</b> Vivienda de un solo espacio interior.	102
<b>Figura 76.</b> Vivienda de dos habitaciones.	103
<b>Figura 77.</b> Vivienda con habitación accesoria anexa.	103
<b>Figura 78.</b> Tabla sintetizada: Configuraciones en planta.	104
<b>Figura 79.</b> Bloque fotográfico Papajichi: viviendas con doble cubierta.	106
<b>Figura 80.</b> Tabla sintetizada: Materiales: cubiertas exteriores y techos interiores.	107
<b>Figura 81.</b> Tabla sintetizada: Muros de piedra y madera.	109
<b>Figura 82.</b> Tabla sintetizada. Materiales en muros “B”.	110
<b>Figura 83.</b> Tabla sintetizada: Cubiertas exteriores.	111
<b>Figura 84.</b> Letrina y corral “abonero” en vivienda ADOBE.	112
<b>Figura 85.</b> Vivienda en Siquirichi. Usos distintos, diseño casi idéntico.	112
<b>Figura 86.</b> Área de guardado inter-cubiertas en casa ADOBE.	113
<b>Figura 87.</b> Gallinero elevado.	113
<b>Figura 88.</b> Elementos divisorios (bardas).	113

<b>Figura 89.</b> Ruta de acceso a Cusárare.	118
<b>Figura 90.</b> Ruta de entrada a Cusárare.	118
<b>Figura 91.</b> Veredas hacia viviendas PIEDRA I y MADERA I.	120
<b>Figura 92.</b> Veredas hacia viviendas PIEDRA I y MADERA I.	120
<b>Figura 93.</b> Los espacios interiores en los estudios de caso.	123
<b>Figura 94.</b> Ficha individual Descripción CET TUTOR.	124
<b>Figura 95.</b> Ficha individual 1: Imágenes y detalles CET TUTOR.	125
<b>Figura 96.</b> Ficha individual Descripción ADOBE (I y II).	126
<b>Figura 97.</b> Ficha individual: Imágenes y detalles ADOBE (I y II).	127
<b>Figura 98.</b> Ficha individual 2: Descripción PIEDRA I.	128
<b>Figura 99.</b> Ficha individual 3: Imágenes y detalles PIEDRA I.	129
<b>Figura 100.</b> Ficha individual: Descripción PIEDRA II.	130
<b>Figura 101.</b> Ficha individual 4: Imágenes y detalles PIEDRA II.	131
<b>Figura 102.</b> Ficha individual 5: Descripción MADERA I.	132
<b>Figura 103.</b> Ficha individual 6: Imágenes y detalles MADERA I.	133
<b>Figura 104.</b> Ficha individual 7: Descripción MADERA I.	134
<b>Figura 105.</b> Ficha individual 8: Imágenes y detalles MADERA II.	135
<b>Figura 106.</b> Ficha individual 9: Descripción MADERA III.	136
<b>Figura 107.</b> Ficha individual 10: Imágenes y detalles MADERA III.	137
<b>Figura 108.</b> Ficha individual 11: Descripción MADERA IV.	138
<b>Figura 109.</b> Ficha individual 12: Imágenes y detalles MADERA IV.	139
<b>Figura 110.</b> Rangos de Confort anuales Método Adaptativo.	150
<b>Figura 111.</b> Gráfica de datos <i>Works</i> , intervalos media hora.	152
<b>Figura 112.</b> Gráfica de datos <i>Excel</i> con máximas y mínimas.	152
<b>Figura 113.</b> Gráfica tipo de representación de datos.	155
<b>Figura 114.</b> Área de control CET CONTROL.	157
<b>Figura 115.</b> Estaciones meteorológicas en jardín casa CET TUTOR.	158
<b>Figura 116.</b> Mini estación meteorológica montada sobre trípode	158
<b>Figura 117.</b> Mapa 1: Ubicación de casos de estudio en Cusárare.	160
<b>Figura 118.</b> Gráfica Bajo-calentamiento Datos generales.	163

<b>Figura 119.</b> Bajo-calentamiento. Gráfica de temperaturas generales exteriores.	164
<b>Figura 120.</b> Bajo-calentamiento. Gráfica de temperaturas promediadas.	165
<b>Figura 121.</b> Bloque fotográfico Clima Día 1 (20 de enero) vespertina.	166
<b>Figura 122.</b> Bloque fotográfico Clima. Día 2 (21 de enero) matutina.	166
<b>Figura 123.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 2 (21 de enero) vespertina.	166
<b>Figura 124.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 3 (22 de enero) matutina.	166
<b>Figura 125.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 3 (22 de enero) vespertina.	167
<b>Figura 126.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 4 (23 de enero) matutina.	167
<b>Figura 127.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 4 (23 de enero) vespertina.	167
<b>Figura 128.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 5 (24 de enero) matutina.	167
<b>Figura 129.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 5 (24 de enero) vespertina.	168
<b>Figura 130.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 6 (25 de enero) matutina.	168
<b>Figura 131.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 7 (26 de enero) matutina.	168
<b>Figura 133.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 8 (27 de enero) matutina.	168
<b>Figura 134.</b> Bajo-calentamiento. Temperaturas generales.	169
<b>Figura 135.</b> Bajo-calentamiento CET TUTOR. Gráfica de temperaturas individuales.	170
<b>Figura 136.</b> Bajo-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.	171
<b>Figura 137.</b> Bajo-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.	172
<b>Figura 138.</b> Bajo-calentamiento MADERA I. Temperaturas individuales.	173
<b>Figura 139.</b> Bajo-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.	174
<b>Figura 140.</b> Bajo-calentamiento MADERA III. Temperaturas individuales.	175
<b>Figura 141.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA I. Temperaturas individuales.	176
<b>Figura 142.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.	177
<b>Figura 143.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.	178
<b>Figura 144.</b> Bajo-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.	179
<b>Figura 145.</b> Bajo-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.	180
<b>Figura 146.</b> Bajo-calentamiento Espacios agrupados con cocción.	181
<b>Figura 147.</b> Alto-calentamiento Gráfica de temperaturas horarias ( <i>Works</i> ).	183
<b>Figura 148.</b> Alto-calentamiento Gráfica de temperaturas horarias ( <i>Excel</i> ).	184
<b>Figura 149.</b> Alto-calentamiento. Gráfica muestra	185

<b>Figura 150.</b> Alto-calentamiento Datos generales.	187
<b>Figura 151.</b> Alto-calentamiento. Temperaturas exteriores.	188
<b>Figura 152.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 1 (2 de julio) vespertina.	189
<b>Figura 153.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 2 (3 de julio) matutina.	189
<b>Figura 154.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 2 (3 de julio) vespertina.	189
<b>Figura 155.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 3 (4 de julio) matutina.	190
<b>Figura 156.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 3 (4 de julio) vespertina.	190
<b>Figura 157.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 4 (5 de julio) matutina.	190
<b>Figura 158.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 4 (5 de julio) vespertina.	190
<b>Figura 159.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 5 (6 de julio) matutina.	191
<b>Figura 160.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 5 (6 de julio) vespertina.	191
<b>Figura 161.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 6 (7 de julio) matutina.	191
<b>Figura 162.</b> Bloque fotográfico Clima: Día 6 (7 de julio) vespertina.	191
<b>Figura 163.</b> Alto-calentamiento Temperaturas interiores.	192
<b>Figura 164.</b> Alto-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.	193
<b>Figura 165.</b> Alto-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.	194
<b>Figura 166.</b> Alto-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.	195
<b>Figura 167.</b> Alto-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.	196
<b>Figura 168.</b> Alto-calentamiento MADERA IV. Temperaturas individuales.	197
<b>Figura 169.</b> Alto-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.	198
<b>Figura 170.</b> Alto-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.	199
<b>Figura 171.</b> Alto-calentamiento ADOBE todos los estudios de caso.	200
<b>Figura 172.</b> Alto-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.	201
<b>Figura 173.</b> Alto-calentamiento. Espacios con cocción.	202
<b>Figura 174.</b> Alto-calentamiento. Sin cocción.	203
<b>Figura 175.</b> Velocidades de viento, altitud y presión atmosférica.	206
<b>Figura 176.</b> Radiación solar período de Bajo-calentamiento (EMA Guachochi).	207
<b>Figura 177.</b> Radiación solar período de Alto-calentamiento (EMA Guachochi).	208
<b>Figura 178.</b> Humedad relativa e índice de vientos frío.	209
<b>Figura 179.</b> Presión atmosférica y altitud.	210



<b>Figura 180.</b> Gráfica muestra de análisis comparativos.	215
<b>Figura 181.</b> Gráfica de análisis comparativos. Temperaturas promediadas.	218
<b>Figura 182.</b> Gráfica de análisis comparativos.	220
<b>Figura 183.</b> Gráfica análisis comparativos.	220
<b>Figura 184.</b> Análisis comparativos ADOBE I. Ambos períodos.	222
<b>Figura 185.</b> Análisis comparativos. ADOBE II. Ambos períodos.	222
<b>Figura 186.</b> Análisis comparativos. ADOBE I y II.	223
<b>Figura 187.</b> Análisis comparativos CET, PIEDRA I, II y III.	224
<b>Figura 188.</b> Análisis comparativos CET TUTOR	224
<b>Figura 189.</b> Análisis comparativos PIEDRA II.	225
<b>Figura 190.</b> Análisis comparativos PIEDRA I y II.	226
<b>Figura 191.</b> Análisis comparativos CET ACCESO y PIEDRA I.	226
<b>Figura 192.</b> Análisis comparativos MADERA I, II y III.	227
<b>Figura 193.</b> Análisis comparativos. MADERA II, ambos períodos.	228
<b>Figura 194.</b> Análisis comparativos MADERA II y III.	228
<b>Figura 195.</b> Análisis comparativos MADERA I y III.	229
<b>Figura 196.</b> Análisis comparativos MADERA I y IV (viviendas con calentón).	230
<b>Figura 197.</b> Análisis comparativos MADERA III y IV.	230
<b>Figura 198.</b> Análisis comparativos finales 1.	231
<b>Figura 199.</b> Análisis comparativos finales 2. Mejores ejemplos de cada material	232
<b>Figura 200.</b> Análisis comparativos finales 3. Los mejores y peores comportamientos.	233
<b>Figura 201.</b> Análisis comparativos finales 4. Espacios sin cocción.	233
<b>Figura 202.</b> Análisis comparativos finales 5. Espacios con cocción.	234
<b>Figura 203.</b> Escala termo-cromática.	235
<b>Figura 204.</b> Oscilaciones máximas diarias, Bajo-calentamiento.	237
<b>Figura 205.</b> Oscilaciones máximas diarias, Alto-calentamiento.	237
<b>Figura 206.</b> Gráficas sintetizadas de sobrecalentamiento y bajo-calentamiento.	237
<b>Figura 207.</b> Gráfica de porcentajes.	238
<b>Figura 208.</b> Vestimenta masculina	248
<b>Figura 209.</b> Diferencias entre vestimenta hombres y mujeres.	248

<b>Figura 210.</b> Bloque fotográfico: Vestimenta típica de las mujeres.	249
<b>Figura 211.</b> Recomendación N° 1.	251
<b>Figura 212.</b> Recomendación N° 2.	251
<b>Figura 213.</b> Recomendación N° 3.	251
<b>Figura 214.</b> Recomendación N° 4.	252
<b>Figura 215.</b> Recomendación N° 5.	252
<b>Figura 216.</b> Recomendación N° 6.	252
<b>Figura 217.</b> Recomendación N° 7.	253
<b>Figura 218.</b> Recomendación N° 8.	253
<b>Figura 219.</b> Recomendación N° 9.	253
<b>Figura 220.</b> Recomendación N° 10.	254
<b>Figura 221.</b> Recomendación N° 11.	254
<b>Figura 222.</b> Recomendación N° 12.	254
<b>Figura 223.</b> Recomendación N° 13.	255
<b>Figura 224.</b> Bloque fotográfico. Futura investigación principal: Calentones.	259
<b>Figura 225.</b> Casa abandonada en el centro de Cusárare.	260

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparativas de temperaturas: estaciones meteorológicas regionales.	76
<b>Tabla 2.</b> Datos principales recopilados en Bocoyna.	76
<b>Tabla 3.</b> Bocoyna, Temperaturas horarias mensuales.	77
<b>Tabla 4.</b> Bocoyna, Humedades relativas horarias.	77
<b>Tabla 5.</b> Bocoyna, temperaturas y precipitaciones mensuales.	83
<b>Tabla 6.</b> Valores de conductividad térmica y calor específico de madera, adobe y piedra.	109
<b>Tabla 7.</b> Temperaturas medias mensuales.	147
<b>Tabla 8.</b> Rangos de confort –Fanger.	148
<b>Tabla 9.</b> Temperaturas neutras y límites de las zonas de confort. Método Adaptativo.	150
<b>Tabla 10.</b> Ejemplo de agrupación de datos.	154
<b>Tabla 11.</b> Bajo-calentamiento. Datos generales.	163
<b>Tabla 12.</b> Bajo-calentamiento. Temperaturas generales exteriores.	164
<b>Tabla 13.</b> Bajo-calentamiento. Temperaturas interiores generales.	169
<b>Tabla 14.</b> Bajo-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.	170
<b>Tabla 15.</b> Bajo-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.	171
<b>Tabla 16.</b> Bajo-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.	172
<b>Tabla 17.</b> Bajo-calentamiento MADERA I. Temperaturas individuales.	173
<b>Tabla 18.</b> Bajo-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.	174
<b>Tabla 19.</b> Bajo-calentamiento MADERA III. Temperaturas individuales.	175
<b>Tabla 20.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA I. Temperaturas individuales.	176
<b>Tabla 21.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.	177
<b>Tabla 22.</b> Bajo-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.	178
<b>Tabla 23.</b> Bajo-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.	179
<b>Tabla 24.</b> Bajo-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.	180
<b>Tabla 25.</b> Bajo-calentamiento Espacios agrupados con cocción.	181
<b>Tabla 26.</b> Alto-calentamiento, datos horarios de una	183
<b>Tabla 27.</b> Alto-calentamiento Datos generales.	187
<b>Tabla 28.</b> Alto-calentamiento. Temperaturas exteriores.	188

<b>Tabla 29.</b> Alto-calentamiento Temperaturas interiores.	192
<b>Tabla 30.</b> Alto-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.	193
<b>Tabla 31.</b> Alto-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.	194
<b>Tabla 32.</b> Alto-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.	195
<b>Tabla 33.</b> Alto-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.	196
<b>Tabla 34.</b> Alto-calentamiento MADERA IV. Temperaturas individuales.	197
<b>Tabla 35.</b> Alto-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.	198
<b>Tabla 36.</b> Alto-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.	199
<b>Tabla 37.</b> Alto-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.	200
<b>Tabla 38.</b> Alto-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.	201
<b>Tabla 39.</b> Alto-calentamiento. Espacios con Cocción.	202
<b>Tabla 40.</b> Alto-calentamiento. Sin cocción.	203
<b>Tabla 41.</b> Humedad relativa ambos períodos.	205
<b>Tabla 42.</b> Análisis comparativos. Síntesis de temperaturas exteriores.	217
<b>Tabla 43.</b> Análisis comparativo temperaturas exteriores análisis climático y mediciones.	218
<b>Tabla 44.</b> Análisis comparativos. Temperaturas interiores.	219
<b>Tabla 45.</b> Síntesis general de temperaturas extremas y oscilaciones.	220

# PRÓLOGO

## Arquitectura Bioclimática

Desde sus inicios, la historia de la arquitectura ha avanzado paralela a las culturas y movimientos artísticos más importantes de cualquier período; racionalista u orgánica, modernista o ecléctica, ha recibido tantos adjetivos como podamos imaginar y de éstos han surgido estilos arquitectónicos de los que hoy ya está casi todo dicho.

En forma paradójica, uno de los adjetivos incorporados más recientemente — “bioclimática”—, es el que tuvo que ser siempre inherente a ella. Cada vez que indagamos sobre arquitecturas de la antigüedad, no dejamos de sorprendernos con innumerables ejemplos que nos demuestran un sentido común y un respeto e integración a su entorno que, indebidamente, quedaron desplazados y fueron sustituidos como consecuencia del desarrollo industrial iniciado desde finales del siglo XIX.

A partir de la Revolución Industrial, se generaron problemas irreversibles entre los que destacan la contaminación y afectación de los ecosistemas del planeta, hoy ligados de manera muy importante, al desarrollo de los espacios arquitectónicos (y por lo tanto a la bioclimática)<sup>1</sup>.

Habrà que decir que no ha sido sencillo el proceso de incorporación de los conceptos de arquitectura bioclimática al quehacer arquitectónico convencional, debido no sólo al desconocimiento del tema (derivado en muchos casos del escepticismo) sino a formas de desarrollo prevalecientes, contrarias a los preceptos de lo sostenible.

La presente investigación se da en un momento coyuntural enmarcado por el cambio climático, fenómeno reiterado como tema central de las agendas de todos los gobiernos, pero soslayado de facto ante los intereses económicos vigentes, que son el primer obstáculo para consolidar cambios de rumbo sustanciales.

---

<sup>1</sup>Diversos estudios hablan de que alrededor de la mitad de la energía que se consume diariamente en el planeta, se utiliza para la construcción y operación de los espacios arquitectónicos (García Chávez, José Roberto, 2008).

El impacto ecológico del modelo consumista es irreversible y contra lo imaginado, son los países desarrollados los más contaminantes e insostenibles; en ellos se dan aparentemente los mayores avances, pero siguen siendo insuficientes y envueltos en una doble moral.

Por su parte, los países del “tercer mundo” son los que menos consumen y contaminan, y en específico sus culturas más aisladas son las que continúan basando su desarrollo en formas de vida más austeras y amigables con el medio ambiente. Desafortunadamente, en la mayoría de estos casos, se presentan las peores carencias y problemas de subsistencia (salud, desnutrición, falta de servicios, etc.), para lo cual, el conocimiento científico representa una alternativa de solución, siempre que éste se dé en una perspectiva de reconocimiento incluyente y respetuoso.

Como alternativa para ambos casos (países desarrollados y en desarrollo), la investigación sobre arquitectura bioclimática ha ido consolidando múltiples áreas y disciplinas, que hoy plantean una extensa gama de herramientas de diseño y evaluación, todas ellas de gran utilidad para el desarrollo de proyectos nuevos y para la reconsideración de la arquitectura existente.

Por su parte, una tesis de maestría en arquitectura bioclimática debe tener como objeto el sustento de una metodología específica (como en cualquier investigación), y dadas las problemáticas planteadas, debería servir para generar respuestas a las necesidades prácticas del quehacer arquitectónico.

En síntesis, si el conocimiento científico debe consolidar la investigación aplicada (en el óptimo de los casos), sobre todo cuando se trata de abordar decididamente una transformación en los lineamientos de desarrollo y operación de la edificación actual, la arquitectura bioclimática tiene que representar una alternativa inobjetable para revertir sustancialmente el cambio climático, ya sea a través de una nueva regulación arquitectónica por parte de los gobiernos, o bien mediante una actitud distinta enfocada hacia la educación ambiental.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en el conocimiento de la vivienda tradicional de la Alta Tarahumara, región cuya condición natural representa enormes carencias para sus habitantes —los *rarámuris*—, quienes preservan su cultura y formas de vida, y se realiza incorporada a un proyecto general de clasificación de la arquitectura tradicional para las culturas del norte de México, lógicamente desde una perspectiva bioclimática.

Si bien se cuenta con innumerables estudios antropológicos y sociales sobre las regiones culturales de la zona noroeste del país, hasta ahora no se ha abordado un análisis específico sobre la arquitectura bioclimática de ellas, por lo cual la tesis plantea el reconocimiento de una zona estudiada, con vacíos que deben ser profundizados. Se expone también desprovista de cualquier sentido paternalista y, por el contrario, desde una perspectiva incluyente e inmersa en el *cosmocimiento*<sup>2</sup> de las culturas indígenas ancestrales, mediante una metodología ordenada que busca alcanzar resultados que abran la posibilidad de complementar e integrar (nunca imponer) una mejor vivienda.

La tesis comienza con el propio protocolo de investigación tal como fue escrito al inicio de la misma, (sin correcciones ni añadiduras, y sin soslayar las posibles deficiencias del planteamiento original de estudio), para mantener un referente entre los objetivos iniciales y el proceso final de la investigación.

El título inicial del protocolo —***Comportamiento bioclimático de la vivienda tradicional de la Sierra Tarahumara (zonas altas)***— fue cambiado durante el proceso de la investigación, por el de ***Caracterización y comportamiento bioclimático de la vivienda tradicional de la Alta Tarahumara***, para adecuarse a los términos en los que esta región se conoce y ha sido estudiada,

El segundo capítulo, es un referente contextual sobre la región en la que se realiza la investigación, desde distintas perspectivas y con un enfoque antropológico, que pretende contribuir a la prospectiva de los temas abordados.

---

<sup>2</sup> Concepto utilizado por David Choquehuanca (canciller Boliviano), en una video conferencia transmitida por Andrés Oppenheimer (Televisa, marzo de 2006), a través del cual explica cómo las culturas indoamericanas entendían su integración al cosmos y mantenían un profundo respeto a la Tierra y sus recursos naturales.

Si bien se decidió que este apartado fuera especialmente breve, en él se acotan fuentes y referencias que pueden servir para indagaciones mayores y sobre cualquiera de los puntos esbozados; algunos de estos (costumbres, formas de vida y educación, entre otros), pudieron documentarse durante los viajes y estancias en la Sierra Tarahumara.

En los capítulos III y IV se aborda el análisis regional; en primer término se plantean los elementos arquitectónicos, constructivos y urbanísticos hallados durante el primer reconocimiento de la zona de estudio (septiembre de 2008), en el que se obtuvieron testimonios fotográficos que sirvieron para una primera clasificación bioclimática de vivienda de los *rarámuris* de la Alta Tarahumara; en segundo lugar, se presentan los análisis climáticos regionales seguidos de las cartas y diagramas bioclimáticos, que dan lugar a las estrategias de diseño y recomendaciones precisas para la zona de estudio.

El capítulo V introduce las mediciones (tema central de la tesis) en función de tres criterios centrales: 1) Elección de viviendas (estudios de caso<sup>3</sup>); 2) Períodos de estudio (invierno y primavera); 3) Parámetros de ejecución, ordenamiento y representación de los datos (equipos de medición, tablas y gráficas).

El capítulo VI contiene las tablas de datos (mediciones) y gráficas de ambos períodos de estudio, organizados en forma individual; en el VII, se presentan los análisis agrupados, cuyas interpretaciones finales dan lugar a las conclusiones de la investigación.

De cara al futuro, la presente tesis culmina con planteamientos concretos para la conservación y el mejoramiento de la vivienda existente (desde luego aplicables a la vivienda nueva).

Con base en formas incluyentes de su cultura, se asume como punto de partida la enorme carencia de recursos; mediante alternativas sencillas de fácil ejecución se visualiza la preservación de la vivienda y, en consecuencia, la conservación del medio natural, que es el principal espacio habitable de los *rarámuris* de la Sierra Tarahumara.

---

<sup>3</sup> A lo largo de la tesis se estará haciendo alusión a los estudios de caso o casos de estudio. Si bien la forma más empleada es la segunda, es válido referir estudios de caso cuando se habla en concreto de los datos o mediciones obtenidas.





**Figura 1.** Vista Panorámica Rocheachi<sup>4</sup>.



**Figura 2.** Vivienda abandonada en Papajichi.

---

<sup>4</sup> Todas las fotografías que aparecen a lo largo de la tesis, fueron tomadas por el autor de la misma.

## **1. CAPITULO I: PRESENTACIÓN DE LA TESIS:**

## **1.1. Antecedentes del tema**

Resulta incomprensible que la región norte del país haya sido hasta ahora tan poco explorada en temas de arquitectura vernácula y paisaje, siendo una de las más ricas y pujantes de la actualidad. Es verdad que las culturas mesoamericanas alcanzaron niveles de desarrollo de gran trascendencia, no sólo desde un punto de vista local sino de cultura universal; esa importancia ha relegado a un segundo plano el estudio de las culturas desarrolladas en el norte del país; sin embargo, si pensamos en la gran escasez de recursos y los climas sumamente adversos de esta región, concluimos que es importante estudiar y entender las soluciones peculiares que sus habitantes han ido desarrollando durante siglos, en respuesta a dichas problemáticas de supervivencia.

*Análisis ecológico y ambiental del paisaje y la arquitectura tradicionales del norte de México* es el título del proyecto general dirigido por la Dra. Esperanza García López, mismo que será desarrollado durante los próximos tres años y comprenderá el paisaje y la arquitectura tradicional de las culturas del norte del país, en relación con su contexto ecológico y ambiental. El proyecto generará una serie de posibles universos muestrales o eco regiones, de las que a su vez se derivarán sitios específicos de estudio; la Cultura Tarahumara y en concreto su vivienda regional de la zona alta será el tema central de esta investigación, desde luego desarrollada con enfoques estrictamente bioclimáticos y tomando en cuenta todas las consideraciones posibles relacionadas con el estudio de la arquitectura bioclimática.

### **1.1.1. Justificación**

Como podemos apreciar, la Cultura Tarahumara cuenta con todos los atributos dignos de investigaciones profundas en todos los ámbitos referidos; los *rarámuris* son indígenas sumamente enigmáticos que valoran más a las personas que a las cosas y el respeto al ser humano es esencial en su cultura; compartir es la base de su sociabilidad y cuando al hacer una tarea –como levantar una casa– una persona recibe el beneficio del trabajo comunitario, nunca entrega algo a cambio.

Es la Cultura Tarahumara tan especial e importante que algunos de sus elementos culturales, sociales, antropológicos ya han sido estudiados ampliamente; sin embargo, reiteramos que sobre su hábitat y la forma en la que específicamente han ido resolviendo su problema de espacio y resguardo, no hay prácticamente nada hecho.

Así pues, la presente propuesta de investigación se abocará al estudio de los elementos que estén relacionados con el bioclima y de ser el caso en referentes bioclimáticos, que a partir de ellos se puedan constituir como soluciones específicas arquitectónicas aplicables en la vivienda actual de dicha región.

### **1.1.2. Enfoque de la tesis**

Esta tesis se enfocará, en principio, en el análisis concreto de los componentes fundamentales de la Arquitectura Bioclimática (temperatura, geometría solar, ventilación, etc.) dentro de dicha región; a partir de esto, se analizarán los datos obtenidos y su incidencia directa sobre el diseño específico de la vivienda elegida, con sus respuestas concretas, adecuadas o inadecuadas a la generación de espacios confortables; finalmente, se plantearán los resultados con la idea concreta de conformar referencias generales no sólo teóricas, sino también prácticas, mismas que podrán ser consideradas, en un caso ideal, como una alternativa para el desarrollo de la construcción de la vivienda actual, en dicha región.

## **1.2. Hipótesis y objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Hipótesis general**

La vivienda típica de la región Tarahumara cuenta con los atributos para ser considerada como “Arquitectura Tradicional” y sus elementos constructivos y arquitectónicos responden de alguna forma a su entorno climático y geográfico, con lo cual pueden ser catalogados como elementos bioclimáticos.

### **1.2.2. Objetivo general**

Analizar los componentes arquitectónicos de la vivienda tradicional de los habitantes de la región cultural Tarahumara desde una perspectiva fundamentalmente bioclimática.

### **1.2.3. Hipótesis particulares**

La vivienda Tarahumara cuenta con elementos tipológicos-arquitectónicos cuya identidad le convierte en única y especial de esa región cultural de México.

Las variantes de diseño bioclimático de la vivienda Tarahumara son claramente identificables y la diversidad de sus elementos constructivos amerita una primera clasificación.

El bioclima de la región Tarahumara ha sido determinante y prioritario sobre otros elementos de diseño, para la forma en la que los *rarámuris* conciben su vivienda y dan respuesta al comportamiento climático específico de dicha región del país.

La vivienda contemporánea de la región Tarahumara conserva y reproduce los elementos de diseño bioclimático de la vivienda tradicional.

### **1.2.4. Objetivos Particulares**

Analizar la vivienda tradicional de los *rarámuris* y determinar los elementos que le dan identidad propia y la hacen única y especial de su cultura.

Clasificar la diversidad de elementos arquitectónicos y constructivos de la vivienda tradicional desde un punto de vista fundamentalmente bioclimático.

Analizar en forma holística, particular y comparativa el comportamiento bioclimático específico de la vivienda tradicional de los *rarámuris*.

Analizar la forma en la que se están reinterpretando los conocimientos ancestrales de los *rarámuris* en la construcción de su vivienda de la actualidad y a partir de esto, realizar las consideraciones y recomendaciones de diseño bioclimático encaminadas a mejorarla, preservando sus conceptos y formas de vida.

### 1.2.5. Objetivos específicos

- Estudio de antecedentes y bibliografía existente.
- Identificación de temas ligados con el desarrollo de la tesis.
- Contacto con investigadores y estudiosos de la cultura tarahumara.
- Contacto con la comunidad para definir el sitio preciso de estudio.
- Realización de viaje de reconocimiento del sitio.
- Definición del sitio cuyas viviendas servirán de ejemplo para el desarrollo del tema.
- Realización de análisis climáticos detallados del sitio preciso donde se ubique la vivienda, a partir de los cuales se determinarán los dos períodos más representativos del clima extremo de la región.
- Determinación de las viviendas que ejemplifiquen mejor los elementos encontrados de arquitectura bioclimática.
- Realización de una memoria fotográfica.
- Realización de levantamientos generales concretos de elementos de arquitectura tradicional, relacionados con arquitectura bioclimática.
- Realización de levantamientos de conceptos de diseño, técnicas de construcción, materiales de construcción, materiales acabados, todos ellos desde un enfoque principalmente bioclimático.
- Identificación de las viviendas de invierno y de verano (de darse el caso); viajes de reconocimiento particular y mediciones de elementos principales del clima, durante el período extremo de bajo-calentamiento, correspondiente al mes de diciembre o enero así como del período de alto-calentamiento, correspondiente a los meses de julio y agosto.
- Estudio de aspectos generales de confort interior de la vivienda, cuyos datos relevantes serán clasificados, ejemplificados y apoyados con imágenes, tablas, esquemas y gráficas.
- Integración de la información de los dos primeros viajes, con todos los elementos encontrados, misma que será clasificada para conformar los resultados concluyentes del comportamiento bioclimático de la vivienda.
- Viaje de evaluación (tercero, de darse el caso) durante el mes más representativo del período de sobre calentamiento (mayo o junio).

- A partir de las últimas evaluaciones, mediciones y resultados, que igualmente serán referidos y apoyados por imágenes, fotografías, dibujos, gráficas, esquemas y tablas, terminación del apartado de investigación, con los análisis de todo lo detallado.
- Como parte concluyente de la investigación, realización de estudios comparativos, cualitativos y de ser posible cuantitativos, que acerca de los análisis de resultados deberán hacerse para posteriormente detallar el apartado final.
- Obtención de conclusiones de todos los resultados directos, específicos y comparativos, de los experimentos, apoyados una vez más por material gráfico que sirva para dejar evidenciar las conclusiones obtenidas.
- Definición de los conceptos y elementos particulares y generales que pueden ser retomados por la arquitectura contemporánea, mismos que demostraron adecuarse a las condiciones climáticas y a las necesidades de confort o requerimientos de confort.
- De ser el caso, elaboración de sugerencias precisas sobre los elementos arquitectónicos o constructivos, mismos que podrán ser mejorados y/o reinterpretados en la arquitectura contemporánea.

### **1.3. Aportación al diseño**

De acuerdo con su funcionamiento (respuesta bioclimática) adecuado o inadecuado, se determinarán cuáles de los componentes bioclimáticos de la vivienda tarahumara elegida pueden ser rescatados, cuáles desechados y en todo caso, cuáles pueden ser mejorados y/o reinterpretados para poder ser retomados como posibles elementos de diseño para la construcción subsecuente del resto de las viviendas en dicha región.

México, D.F., julio de 2008.

## **2. CAPÍTULO II**



## 2.1. Un origen incierto

Tal como ocurre con los estudios más conocidos sobre el origen de los pobladores del continente americano, existen diversas hipótesis acerca de los *rarámuris*; entre ellas, la más aceptada señala que los antepasados de los indígenas que habitan esta región del noroeste de México emigraron de Asia a través del estrecho de Bering. Aunque no se ha demostrado si las tribus que se anclaron en esta región de Norteamérica lograron recorrer grandes distancias hacia el centro del continente, para posteriormente regresar y ocupar en forma nómada estas grandes extensiones de tierra, se asegura que sus más antiguos vestigios —las famosas puntas “Clovis” (armas típicas de los cazadores de la mega fauna del pleistoceno)— datan de hace aproximadamente quince mil años (<http://www.tarahumara.com.mx>).

Los pobladores de estas regiones habitaron durante mucho tiempo las zonas bajas y las llanuras; indígenas *rarámuris* e indios apaches, y otra serie de etnias, convivieron paralelamente en regiones más o menos delimitadas:

Se dice que el origen del *rarámuri* proviene de una rama de la migración Utonahua e Norte América, que se dirigió al Sur a través del corredor migratorio que constituía la Sierra Madre Occidental, estableciéndose en las planicies nororientales. Los Opata-tarahumares se dedicaban a la caza recolección y a una incipiente agricultura del maíz. Este periodo de los tarahumares se identifica con las culturas canasteras del suroeste norteamericano (<http://www.unesco.org.uy>).

El orden que se había conservado desde aproximadamente 2000 años a. de C. quedó violentado partir del siglo XVI con la llegada de los españoles<sup>5</sup>. Desde entonces, y hasta su total exterminio, los indios apaches lucharon aguerridos por conservar sus territorios, mientras que los *rarámuris* prefirieron pacíficamente emigrar hacia las zonas altas y apartarse en un enclave conformado por el sistema orográfico de cañones y barrancas más extenso del mundo (<http://www.mexicodesconocido.com.mx>), mejor conocido como Barrancas del Cobre.

---

<sup>5</sup> Todas las fuentes consultadas afirman que el primer español que tuvo contacto con los *rarámuris* fue Joan Font, quien entró desde el occidente (Sinaloa) y fundó Santa Bárbara (primer asentamiento español de la Sierra); sin embargo, hay divergencias sobre el año preciso de la incursión (entre 1603 y 1608).

## **2.2. Paisaje fantástico y agreste**

La cordillera montañosa denominada Sierra Tarahumara, se ubica al norte de la Sierra Madre Occidental en una extensa región situada en el suroeste del Estado de Chihuahua, que ocupa una superficie aproximada de 75,910 kilómetros cuadrados (<http://www.chihuahua.gob.mx>). Dada su diversidad geográfica (llanuras, barrancas, zonas altas y zonas bajas), se genera en ella una riqueza paisajística notable, además de una importante variedad de climas durante todo el año<sup>6</sup>. Estas características (entre otras) la han convertido en una región fascinante para el desarrollo de todo tipo de investigaciones.

La Tarahumara representa el 30% del Estado de Chihuahua, se compone de un conjunto de barrancas y montañas cuya altura oscila entre los 1,500 y los 2,500 msnm y sus elevaciones mayores llegan hasta los 3,300 msnm (Cerro Mohinora<sup>7</sup>). La mayoría de la población, se ubica en las zonas boscosas de pino-coníferas de la llamada Alta Tarahumara<sup>8</sup> (2/3 de la sierra); mientras que en el fondo de los barrancos, en la denominada Baja Tarahumara, se localizan zonas tropicales cuya altitud en las zonas más profundas es de 300 msnm y sus poblados más conocidos son Batopilas<sup>9</sup> y Urique (<http://www.unesco.org.uy>).

Un dato interesante es que a medida que esta región de la Sierra Madre Occidental (la Tarahumara) asciende geográficamente hacia el norte, cae en altitud en forma natural, para continuar en los sistemas orográficos que terminan en el inmenso sistema conocido como Gran Cañón de Arizona.

En relación con otras características geofísicas de la Sierra Tarahumara, se sabe que esta zona fue afectada por períodos de intensos temblores que provocaron fracturas que originaron los profundos ríos que hoy día corren aún por las partes bajas de las

---

<sup>6</sup> De acuerdo con la clasificación Köppen&Geiger, se agrupan en templados-semifríos (Cwa y Cwb), aunque se presentan comportamientos templados y cálidos en las partes medias y bajas de las barrancas, respectivamente (<http://www.unesco.org.uy>).

<sup>7</sup> Máxima elevación de la Sierra Tarahumara (<http://cuentame.inegi.gob.mx>).

<sup>8</sup> La diferenciación de Alta Tarahumara (Nueva) y Baja Tarahumara (Antigua) la hicieron los jesuitas en el siglo XVII, de acuerdo con la repartición geográfica de sus misiones (González, León, 2001).

<sup>9</sup> Primer ciudad electrificada de México y segunda en Latinoamérica (Pintado, 2003).

barrancas con rumbo hacia el Golfo de California. Así mismo, de la sierra nace uno de los brazos más importantes y caudalosos del río Bravo —el río Conchos<sup>10</sup>— que irriga esa desértica zona y baja hacia el Golfo de México, hecho que evidencia las fuertes precipitaciones pluviales con las que cuenta la serranía durante el verano (julio, agosto y septiembre)<sup>11</sup>.

Dada la conformación rocosa de la Sierra Tarahumara, son enormes las áreas carentes de vegetación; no obstante, predominan los bosques y la explotación forestal se convierte en el principal recurso con que cuentan los *rarámuris* para su subsistencia, tanto para consumo personal como para uso comercial y fuente de ingresos (Pintado, 2003).



**Figura 3.** Paisaje en los alrededores de Siquirichi.

Otra de las principales riquezas de la sierra es el mineral. Durante períodos importantes previos a la Revolución Mexicana, hubo lugares de enorme auge e importancia económica; lamentablemente, la carencia de vías de comunicación derivada de la caprichosa orografía, ha propiciado que muchas de las zonas mineras hayan terminado

---

<sup>10</sup> En el municipio de Bocoyna nacen los ríos más grandes e importantes del noroeste de México. El río Papigochi desemboca en el río Yaqui que con el río Mayo, alimentan las zonas de riego más grandes de Sonora ([www.unesco.org.uy](http://www.unesco.org.uy)).

<sup>11</sup> Investigación-análisis climático-, datos Conagua, Servicio Meteorológico Nacional.

casi incomunicadas y abandonadas, hundidas en profundas barrancas, como la de Urique, que llega hasta los 1,879 metros<sup>12</sup>.

La gran diversidad de flora y fauna hace que la Sierra Tarahumara sea única en el mundo. Hasta 1994, la Sierra Madre Occidental contaba con más de siete mil especies de plantas, de las cuales cuatro mil eran endémicas. Al mismo tiempo, mientras que otras zonas boscosas del planeta tienen sólo cuatro o cinco especies de pino-encino, en la Sierra Tarahumara pueden encontrarse entre 15 y 25 tipos distintos. Desafortunadamente, esta región no está al margen de la gran deforestación existente en nuestro país, misma que intenta revertirse a través de programas estatales y federales implementados en las décadas recientes<sup>13</sup> (<http://www.ine.gob.mx>).

La Tarahumara se distingue también por contar con una cantidad importante de manantiales de aguas termales a lo largo de toda su extensión; en algunos de ellos la temperatura alcanza los cincuenta grados Celsius y, por sus propiedades curativas, son muy apreciados por lugareños y turistas (<http://www.tarahumara.com.mx>).



**Figura 4.** Paisaje entre Creel y Rocheachi.

---

<sup>12</sup> Barranca más profunda de todo el país ([www.mexicodesconocido.com.mx](http://www.mexicodesconocido.com.mx)).

<sup>13</sup> Programas a veces ineficaces ante los enormes intereses económicos prevalecientes.

Se trata un sistema orográfico plagado de cañones y barrancas, enmarcado por paisajes únicos por su enorme belleza y difícil acceso. El clima, seco-extremoso en las zonas altas y tropical en las bajas, se debe a las excepcionales radiaciones solares de toda la región, y ambas se entrelazan en formas por demás caprichosas y de accesos posibles sólo a sus ancestrales pobladores, los indios *rarámuris*, quienes como se dijo, se asentaron en este medio hace aproximadamente veinte mil años (<http://www.tarahumara.com.mx>).

### **2.3. Esbozo histórico. ¿Aislamiento forzoso?**

A la llegada de los españoles (siglo XVI), el pueblo *rarámuri* ocupaba desde las grandes llanuras del centro de Chihuahua hasta la actual Sierra Tarahumara, pero el avance colonizador los obligó a replegarse hacia la sierra, único resguardo seguro para evadir del trabajo forzoso en las haciendas y en las minas.

Fue en los siglos XVII y XVIII, cuando diversas tropas de granjeros y comerciantes españoles invadieron completamente esta región despojando a los indígenas de gran parte de sus tierras. Los *rarámuris*, forzados por las circunstancias, decidieron emigrar definitivamente hacia las partes más recónditas de la sierra para protegerse y continuar subsistiendo (Aboites, 2001).

Existen numerosas y vastas investigaciones sobre los conflictos suscitados en esta región del país durante la colonia<sup>14</sup>, período plagado de continuas rebeliones y luchas entre propios y extraños<sup>15</sup>, de tal forma que desde entonces y hasta nuestros días, habitantes mestizos e indígenas han venido conviviendo en un medio social que sin embargo, nunca ha favorecido a los oriundos de la región (Cajas, 1992).

Por lo tanto, emprender análisis históricos sobre los *rarámuris*, más allá del enfoque de estudio, implicará adentrarse en un grupo cultural inmerso en situaciones complejas, derivadas de las afectaciones que a lo largo de la historia han sufrido por parte de los

---

<sup>14</sup> Anexa a la sección de referencias bibliográficas de la investigación, se sugiere otra bibliografía general, mediante la cual podrán indagarse los temas esbozados en el presente capítulo.

<sup>15</sup> Entiéndanse conflictos continuos entre los propios pueblos por reubicarse en sus territorios (apaches y *rarámuris*, entre otros) y los generados entre ellos y la ocupación española (Orozco, 2001).

mestizos y el propio gobierno, con quienes han evitado en muchos casos cualquier tipo de relación. Es preciso recordar por ejemplo, que aún hoy día en las comunidades más inaccesibles no aprueban el matrimonio entre indígenas y mestizos, a quienes llaman *chabochis*<sup>16</sup> (Pintado, 2003).

## **2.4. Los *Rarámuris*: Filósofos por naturaleza**

Lo primero que debe acotarse es que al realizar consultas bibliográficas sobre el pensamiento de los *rarámuris*, se hallaron enormes divergencias, derivadas en principio, de un desconocimiento de la lengua que ha venido generado discrepancias sobre fonética y estructura lingüística<sup>17</sup>.

Según el historiador Luis González (citado por Merryl, 1988), el vocablo *rarámuri*, utilizado por los propios tarahumaras para auto nombrarse, etimológicamente significa, "planta corredora", y en un sentido más amplio quiere decir, "los de los pies ligeros". Esta acepción refiere la más antigua tradición de estos peculiares indígenas: correr. La palabra "tarahumara", según el padre Luis Verplancken (<http://www.tarahumara.com.mx>) es una castellanización de la palabra *tarumari*, inversión adoptada desde el siglo XVII por deformación del lenguaje de los colonizadores<sup>18</sup>.

Pudo también constatarse que el enfoque (intereses y formación cultural) de los investigadores que se adentran en el estudio de los *rarámuris*, es determinante en la diversidad de interpretaciones encontradas (con frecuencia antagónicas).

Los *rarámuris* han recibido adjetivos que van desde "filósofos naturales" (Artaud, 1975) hasta "toscos y ordinarios" (Zingg, 1978), aunque es verdad que son muchas más las conceptualizaciones que están relacionadas con la completa y compleja asimilación cosmológica que ellos hacen de sí mismos (Merryl, 1988).

---

<sup>16</sup> *Chabochi* viene de *chabó*, que significa "pelusa", y *chi*, que en este caso es el sufijo de lugar "en". Por lo tanto, la palabra se traduce como "los que tienen pelusa", es decir barba.

<sup>17</sup> En 1989 se dio un intentó por generar un Consejo Estatal cuyo objetivo era estandarizar la forma de escribir el tarahumara, sin embargo, las diferencias entre los estudiosos, lo dejaron finalmente truncado y no se ha vuelto a retomar (Pintado, 2003, p. 5).

<sup>18</sup> Fue Joan Font quien cambió el vocablo *rarámuri* por el de *tarahumaros*, mismo que desde entonces (1614) confirmaría Jerónimo de Morata (<http://www.unesco.org.uy>).

Según Antonin Artaud (1975), los *rarámuris* son filósofos por naturaleza y para ellos el mal es la pérdida de la conciencia y la banda que llevan sobre la cabeza enfatiza la importancia de su propia filosofía y el pensamiento. Robert Zingg (1978) en cambio, los calificó de personajes filisteos y pragmáticos con una visión muy clara del medio natural inhóspito al que están adaptados. A lo anterior, hay que añadir además el pensamiento religioso. De acuerdo con una investigación de John Kennedy (1959 y 1960, citado por Meryll, 1988), en algunas comunidades *rarámuris* existe una diferenciación entre los “cristianizados” (bautizados) y los que no aceptan a la iglesia católica “gentiles” (paganos), así como los “cimarrones” (fugitivos). Sus aseveraciones sobre los *rarámuris* se parecen a las de Zingg al hablar de ellos como una tribu cuyo misticismo es, “tan crudo que apenas era racionalizado con simple claridad”; con sueños, “toscos, materiales y ordinarios”, sin ninguna evidencia de ternura, afecto o cariño, en los que la única posibilidad de escapar de su triste mundo cultural es durante las ceremonias introducidas por los misioneros católicos. Kennedy describe un desinterés común en los *rarámuri* por el conocimiento teológico e incluso por su propio origen, al afirmar que sus concepciones espirituales son difusas y vagas, sin medios escritos para la transmisión de una u otra creencia.

Al margen de estas discrepancias, según Ana Paula Pintado (2003), existe un desinterés ancestral por el conocimiento de sus orígenes o alguna posible mitología propia, aunque sin negarse una concepción que los *rarámuris* tienen sobre el concepto “alma”, eso sí, inmersa en el ámbito familiar y carente de consideraciones de carácter teológico.

William Meryll (1988) afirma que estas divergencias casi maniqueas se explican en virtud de que las actividades intelectuales para ellos tienden a ser sumamente introvertidas y privadas (poco institucionales y abiertas, por decirlo de otra forma). Mientras se reúnen en grupos, son sumamente celosos con la transmisión de sus experiencias y pensamientos, debido a una especie de herejía evidenciada en público, y no a una presión social sobre la ideología y el pensamiento. Agrega que con frecuencia se da una curiosa apariencia de igualdad de pensamiento, con el primer



objetivo de no causar conflictos en una reunión pública, al tiempo que son numerosos los testimonios acerca de que cuando los *rarámuris* deciden abordar una conversación de carácter filosófico o sobre temas existenciales, lo hacen solos y nunca bajo los efectos del *tesgüino*, una bebida embriagante de maíz fermentado, mezclado con otras plantas<sup>19</sup>.



**Figura 5.** Doña Mari<sup>20</sup>. Moliendo, colando y fermentando el maíz, y bebiendo el tesgüino (junio 2009).

Otro elemento a destacar sobre sus conocimientos y creencias, se refiere a que los términos de curanderos y chamanes son muy utilizados por los *rarámuris*; sin embargo, también identifican al médico como el nombre de quien cuida la salud de la comunidad, en un sentido más occidental y común (Merryl, 1988).

## **2.5. Hábitat y contexto**

Ya se mencionó que existen diversas referencias sobre las regiones que ancestralmente ocuparon los *rarámuris*; se supone habitaban en las zonas bajas y medias de las barrancas y vivían en cuevas, y sus hermanos de raza, los tepehuanos, se encontraban en las zonas altas de las barrancas y vivían en casas de tierra y piedra. Cualquiera que sea el caso, ambos grupos defendieron su territorio y lograron subsistir aislados y celosos de su espacio geográfico, mismo que ocuparon hasta en sus lugares más recónditos, dejando sólo los más accesibles para la evangelización por parte de los misioneros españoles a partir del siglo XVII.

<sup>19</sup> Según William Merryl (1988), el sentido de la embriaguez generado mientras se bebe el tesgüino, es la salida de sus almas.

<sup>20</sup> María es la madre de María Felicitas, propietaria de la casa de Adobe, una de las viviendas estudiadas y referidas en los capítulos siguientes de la investigación.



En la actualidad viven en esta región (suroeste del estado de Chihuahua y noroeste de Durango) cuatro grupos indígenas que suman casi 60,000 personas<sup>21</sup>, de este total aproximado, 10,000 viven en la periferia de las barrancas (límites con Sonora) y el resto (la gran mayoría) habitan a lo largo de toda la sierra, principalmente en los municipios de Bocoyna, Urique, Guachochi (capital regional), Batopilas, Carichí, Balleza, Guadalupe y Calvo, y Nonoava.

El grupo mayoritario que habita las Barrancas del Cobre es desde luego el de los *rarámuris*, mismos que han decidido por tradición ubicar sus casas a las orillas de los ríos, por una cuestión de facilidad de cultivo, desarrollándose en poblados que parecen más un conjunto de casas diseminadas (rancherías) que poblados compactos y organizados<sup>22</sup>.



**Figura 6.** Vistas aéreas Google Earth de dos poblados flanqueados por ríos: Cerocahui y Papajichi.

Durante los períodos de cultivo se mueven de su región habitual y establecen relaciones con grupos distintos (cambio de residencia frecuente en casi todas las familias), y se dan también movimientos durante el invierno hacia zonas más bajas (aunque más cercanas), en relación con los de las etapas de cultivo. Esta conocida

<sup>21</sup> Estas cifras están sujetas a variaciones por la dificultad de acceso a muchas de las rancherías más aisladas.

<sup>22</sup> De las 6,998 localidades con las que cuenta la Tarahumara (54% del Estado), el 86% (6,018) tienen menos de 50 habitantes y se localizan en las regiones más aisladas de la Sierra (<http://www.chihuahua.gob.mx>).

movilidad no afecta su convivencia y en todo caso les provee conocimientos sobre cultivos de herbolaria y ganadería; así mismo manejan en forma especial el estiércol como abono, mediante el uso de corrales móviles.

Interesante acotar que al margen de esta movilidad derivada de los factores climáticos (recursos y subsistencia) las cuestiones emocionales suelen ser factores que determinan la reubicación y el cambio de vivienda dentro de un mismo poblado o fuera de él.

## **2.6. La Educación y los niños**

No puede soslayarse que la Tarahumara está inmersa en la crisis educativa actual de todo el país y desafortunadamente muchos *rarámuris* viven en forma precaria y carecen de recursos económicos, por lo que en muchos casos prácticamente no pueden acudir a la escuela<sup>23</sup>.

Ha podido documentarse que la dispersión de las comunidades *rarámuris* (ver nota al pie n° 21) genera dificultades para que los niños asistan a la escuela; la propia Coordinación Estatal de la Tarahumara procura mantener programas de apoyo utilizando las misiones y algunas escuelas de los poblados principales, a través de un esquema de medio internado reúne a los niños durante la semana para que estudien, facilitando alimentos y estancia nocturna. Sin embargo, la deserción y el desinterés por asistir a la escuela se mantienen, y esto ha sido constatado durante una visita a la primaria de Cusárare (junio 2009), en la que se ha evidenciado la dificultad para atraer el interés por parte de los niños.

Según el profesor Juan Cano, quien conoce la zona pues es originario de Maderas y ha trabajado toda de su vida en la Tarahumara, es casi imposible que un niño *rarámuri* que esté cursando la primaria (alrededor de seis años de edad en adelante), no haya a su corta edad consumido al menos alguna droga (regularmente el cemento o activo).

En una reunión breve con el grupo del profesor Juan Cano, pudo atestiguar la dificultad de comunicación con los niños; varios de ellos no entienden bien el castellano

---

<sup>23</sup> Desinterés y apatía comentados en la escuela de Cusárare con el profesor Juan Cano (junio 2010).

y la mayor parte del tiempo continúan comunicándose en su dialecto. Además, es evidente la dificultad que presenta el captar la atención de ellos ante cualquier tema que se pretende abordar durante la clase.



**Figura 7.** Grupo de primaria en Cusárare.

## **2.7. Naturaleza austera y medio construido**

La tierra de la región es muy pobre y sólo el primer año de cosecha es bueno, a partir del segundo año el suelo se deslava y pierde su riqueza. Esta situación adquiere dimensiones aún más complejas por la carencia de una adecuada infraestructura para los servicios de salud y educación, lo que se traduce en proliferación de enfermedades y desnutrición infantil, con limitadas opciones para fortalecer la economía doméstica, escasa disponibilidad de electricidad, agua potable, y vías de comunicación, que se agravan con frecuencia por el impacto de las inclemencias del clima y las prolongadas sequías.

En relación con sus espacios habitables, la mayor parte de las viviendas de la Alta Tarahumara son de madera de pino o de piedra con techo de madera, aunque también existen numerosas cuevas que son habitadas. En la Baja Tarahumara, las viviendas se construyen de piedra y barro con techos de vigas cubiertas con zacate.

Las comunidades *rarámuris* están constituidas por poblados dispersos cuyo centro es el valle o el sitio donde está la iglesia o la misión. Hay familias que se alejan más y habitan en cabañas rústicas dentro de profundas barrancas o en las laderas de los cerros; algunos grupos se desplazan estacionalmente, descienden a las barrancas durante el invierno para resguardarse del frío y regresan a las mesetas en la primavera o el verano<sup>24</sup>.

Sus chozas de troncos de árbol, trabadas horizontalmente, salpican las laderas de las montañas a los lados de los arroyos y en las altas mesetas. La parte superior, se deja abierta en un lado para que salga el humo del fuego que, constantemente, arde en la pieza de piso de tierra aplanada. El techo es de tabletas o de troncos acanalados. En sus habitaciones (las mismas desde tiempos precolombinos), no se acostumbran las sillas, las mesas o las camas. Perduran los utensilios de sus abuelos, como metates, jícaras, molcajetes, vasijas de barro y bateas. Algunos duermen sobre tarimas y no pocos viven en cuevas; las tapias de piedra los guarecen mejor de los vientos y de las lluvias, e impiden la entrada a los animales. En las barrancas predominan las construcciones de piedra y lodo, debido la escasez de madera (Pintado, 2003).

En cuanto al uso del espacio interior, los hogares (por familia) se componen generalmente de una habitación en la que la cocina (espacio medular) es también comedor y dormitorio; no obstante, también encuentran viviendas de dos habitaciones, en las que el dormitorio es independiente a la cocina.

## **2.8. Tradiciones y misticismo. Cultura y filosofía de vida**

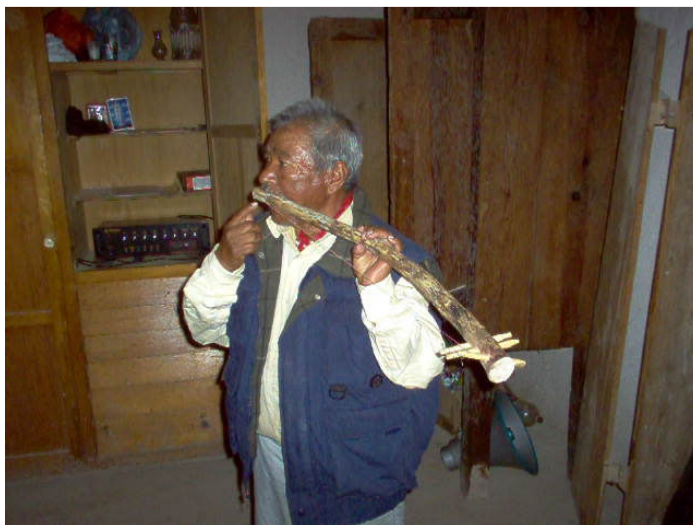
Puede afirmarse que el *rarámuri* ha conservado su vieja cultura con sorprendente tenacidad. Desde hace varios siglos emplea los mismos dibujos, los mismos símbolos en sus obras artísticas, en sus fajas, cerámica y cobijas. A sus muertos continúan dejándoles comida para el viaje sin retorno y les "ayudan" a subir al cielo mediante la celebración de tres o cuatro fiestas, según si el difunto es hombre o mujer. Aunque en muchos casos el significado del ritual ha desaparecido, éste ha demostrado gran

---

<sup>24</sup> Testimonios obtenidos durante distintas entrevistas con estudiosos de la zona.

vitalidad para subsistir. Todos sus movimientos se han mantenido vivos, latentes y han influido en algunas ceremonias de la iglesia católica. La existencia del patio para las ceremonias rituales, el humo (que es el incienso de los *rarámuris*), el rocío de los cuatro puntos cardinales y los cánticos ininteligibles, se practican religiosamente pero los tarahumaras no pueden darnos una explicación mitológica de todo esto (Pintado, 2003).

Sin embargo, es indudable que existen también elementos culturales que se han ido perdiendo; el *chapareke*, es uno de ellos y se trata de un ancestral y peculiar instrumento musical hecho de madera y una cuerda, que se toca al introducirse en la boca y despide un sonido por demás interesante.



**Figura 8.** Don Juan Camilo y el chapareke<sup>25</sup>.

Gran parte de las tradiciones actuales de los *rarámuris*, son una apropiación de lo aprendido con los misioneros jesuitas durante los casi 150 años que convivieron en la época colonial. Expulsada la orden por mandato del rey de España en 1767, los *rarámuris* reinterpretaron el cristianismo, vaciaron símbolos y ritos en sus propios moldes, abandonaron lo que nada les decía y conservaron y adaptaron algunos elementos a su propia expresión cultural simbólica.

<sup>25</sup>. Son muy contados los *rarámuris* que hoy saben utilizar el *chapareke*. Pudo documentarse mediante una video-grabación a don Juan Camilo (colaborador de la Misión de Cusárare) quien a finales de 2009 viajó a la ciudad de México para realizar grabaciones musicales con el singular instrumento.



Finalmente, no puede soslayarse la presencia del machismo como uno de los principales problemas que aquejan a los *rarámuris*; entre otras costumbres, no aprueban conversaciones entre hombres y mujeres, a menos que sean parientes, es frecuente verlos reunidos siempre en forma separada, tanto en sus convivencias familiares, como en los eventos grupales —misas—.



**Figura 9.** Misa de domingo en Cusárare<sup>26</sup>.

Ana Paula Pintado en su *Monografía de los Tarahumaras* (2003), menciona los caminos de la Sierra Tarahumara y denuncia las humillaciones y vejaciones sufridas por las *rarámuris*. Víctimas del abuso sexual, las mujeres tarahumaras viven bajo la sombra del miedo a los soldados, los narcotraficantes y las autoridades municipales. Para los

---

<sup>26</sup> Fotografía tomada en septiembre de 2008 en la iglesia de Cusárare. Sin duda peculiar la forma en la que se ubican hombres y mujeres en el interior, durante la celebración de la misa, por cierto, oficiada en *rarámuri*.

*rarámuris*, el blanco es el *chabochi*, que significa "loco que habla mucho y del que hay que cuidarse"<sup>27</sup>: «van los *chabochis* y se portan mal; se agarran a las mujeres "pa'cular"»(Pintado, 2003). Así se describe cómo los *rarámuris* —extranjeros en su tierra—, víctimas de los brutales *chabochis* sobreviven permanentemente en espera de justicia.

## **2.9. Hacia el futuro. Respeto y reservación**

Observadores de la naturaleza, dispersos y desapegados de lo material, los pobladores *rarámuris* que ocupan una cuarta parte de la superficie del estado más grande de México, correspondiente a la Sierra Tarahumara, prevalecen y preservan sus tradiciones, formas, pensamiento y creencias, a pesar de la falta de respeto que han padecido por siglos.

Habrá que preguntarse si son ellos o somos nosotros, los mestizos, quienes hemos propiciado esta forma introvertida y temerosa en la que se asumen cada vez que tienen que relacionarse con extraños, y en todo caso tendrán entonces que ser apoyados e incorporados a programas que mejoren sus condiciones de vida cuyas carencias con frecuencia se traducen problemas de salud.

Sobre todas las cosas, habrá que considerar que en toda indagación sobre su cultura y formas de vida, las apreciaciones deberán ser cuidadosamente emitidas, pues cualquier adjetivo *a priori* puede convertirse en una irresponsabilidad, derivada del desconocimiento sobre este grupo indígena que ha subsistido gracias a su perseverancia, su capacidad de observación y su inherente sencillez.

Al mundo hay que cuidarlo siempre, no hay que permitir que se muera, por eso deben hacer la fiesta, pisando fuerte y manteniendo todo lo malo abajo (Pintado, 2003)<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> Cualquier acepción sobre *chabochi* lleva implícita casi siempre una connotación excluyente y puede ser desde ciertamente curiosa hasta muy despectivas.

<sup>28</sup> Si se desea indagar sobre la importancia y el significado que las fiestas tienen para los *rarámuris*, se sugiere visitar el sitio web: <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx>

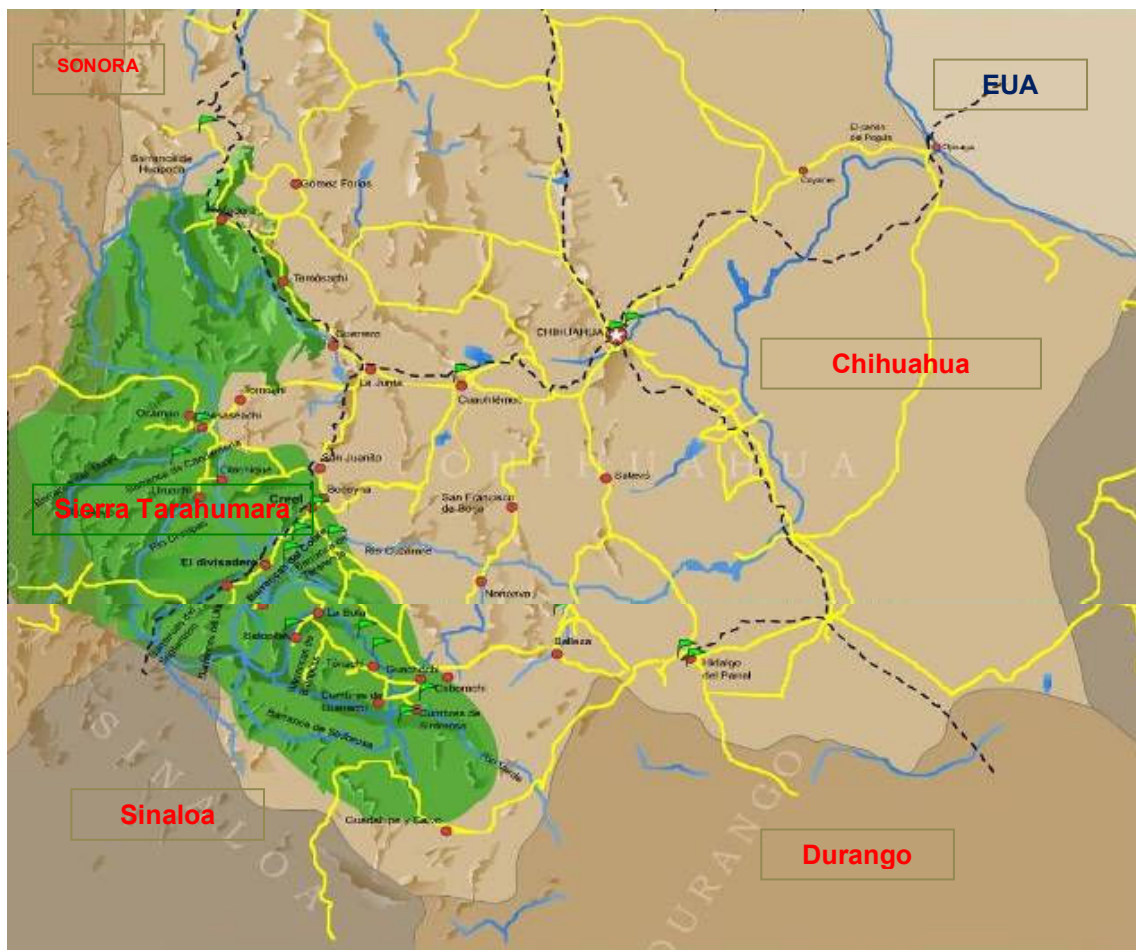
### **3. CAPÍTULO III**



### 3.1. Reconocimiento regional, septiembre de 2008

En el capítulo anterior se esbozaron aspectos históricos y socio-culturales de la Sierra Tarahumara y la comunidad *rarámuri*. Entre varias singularidades, quedó claro que se trata de un grupo étnico que ha subsistido en un entorno aislado del contexto general, y a pesar de las dificultades que históricamente ha tenido para sobrevivir (muchas veces en medio de enormes carencias de recursos y en climas agrestes), permanece separado de sus comunidades estatales circundantes.

En el mapa siguiente se acota la ubicación regional de los *rarámuris* dentro de la fracción suroeste del estado de Chihuahua (área sombreada en color verde).



**Figura 10.** Ubicación regional de la Sierra Tarahumara.

El primer viaje a la Sierra Tarahumara realizado en septiembre de 2008, no sólo ha servido para comprender el entorno físico y geográfico del hábitat de los *rarámuris*; ha sido fundamental para comprender su conceptualización de desarrollo urbano y arquitectura, y con ello se han podido detectar los patrones de asentamiento (que inciden directamente en la forma de concebir sus espacios habitables), además de que se han identificado una serie de elementos constructivos y arquitectónicos peculiares que se irán detallando paulatinamente durante el desarrollo de la tesis.

Reveladores y sorprendidos son algunos de los elementos que componen la vivienda de los tarahumaras, acotados a partir de ahora en las zonas altas, pues como se ha podido constatar, existen dos regiones diferenciadas claramente derivadas del escarpado relieve conformado por las barrancas y los cañones de la sierra en los que se generan, en superficies pequeñas y entre sitios cercanos, climas opuestos y extremos; en tal caso, una de las primeras consideraciones corresponde a acotar la investigación a la Alta Tarahumara y dejar a un futuro trabajo el desarrollo de las zonas bajas.

El recorrido se hizo a partir de la ciudad de Chihuahua con rumbo a la sierra, pasando por Cd. Cuauhtémoc, internándose por la carretera que va hacia Creel, en una zona considerada como el corazón de la sierra, y siguiendo hacia el sureste con destino a la ciudad de Guachochi, capital administrativa de la Sierra Tarahumara, para finalmente volver a la ciudad de Hidalgo del Parral, localizada en los límites de la sierra con la meseta del estado.

A lo largo del trayecto de aproximadamente 600 Km<sup>29</sup>, se visitaron varios poblados pequeños en los que se encontró un número importante de variantes sobre la vivienda, en cuanto a materiales y técnicas constructivas utilizadas, no obstante, con una identidad y elementos perfectamente definidos, con conceptos que la hacen homogénea; se pudo constatar que la forma de construir la vivienda se ha ido preservando entre sus habitantes, al menos a nivel conceptual y, si acaso, la

---

<sup>29</sup> “Gran visión” es el nombre con el que se conoce a la carretera que recorre toda la sierra de norte a sur (Pintado, 2003).

industrialización de los materiales, es lo que ha generado ciertas diferencias, aunque la esencia sigue siendo la misma, como se verá en los apartados posteriores.

Por lo tanto, se decidió abordar una primera clasificación<sup>30</sup> de la vivienda tarahumara de la zona alta, que en virtud de ser pionera, quedará sujeta a futuros trabajos de depuración y, desde luego, posibles correcciones. Es claro que no fue el objetivo primordial de la presente investigación el realizar dicha clasificación; sin embargo, es de gran ayuda el sintetizar los elementos, agruparlos e identificarlos para ser estudiados a nivel bioclimático.

Una de las acotaciones surgidas a partir del recorrido de reconocimiento, fue la diferenciación entre zonas altas y zonas bajas; las primeras se refieren a las regiones altas de las montañas y las segundas a las ubicadas en las barrancas (zonas medias y bajas); ambas zonas se han definido ya con anticipación como la Alta y la Baja Tarahumara.

Como se dijo antes, a partir de los reconocimientos visuales de estos poblados, han podido identificarse aquellos elementos que le dan identidad a la vivienda, también han podido detectarse las diferencias que se dan entre poblados pequeños y grandes, siendo la más importante, la de encontrar los elementos en su estado original en los poblados pequeños y viviendas mucho más “occidentalizadas” en los más grandes.

Durante el trayecto, se visitaron poblaciones de distintas características y superficies: Guachochi y Creel son las más grandes e importantes (centros administrativos); Bocoyna, Rocheachi, Norogachi y Cusárare, son más pequeñas que las primeras; Sisoguichi y Papaguichi, las menores (casi rancherías).

Todos ellos se pueden ubicar geográficamente en los mapas de las páginas siguientes; el más grande es el regional general, y en el pequeño se ubican los cercanos a Norogachi.

---

<sup>30</sup> Tal como se acotará en el apartado final de trabajos pendientes, la clasificación realizada es susceptible de varias mejoras, ya que la primera selección se realiza con el material fotográfico de un recorrido limitado.

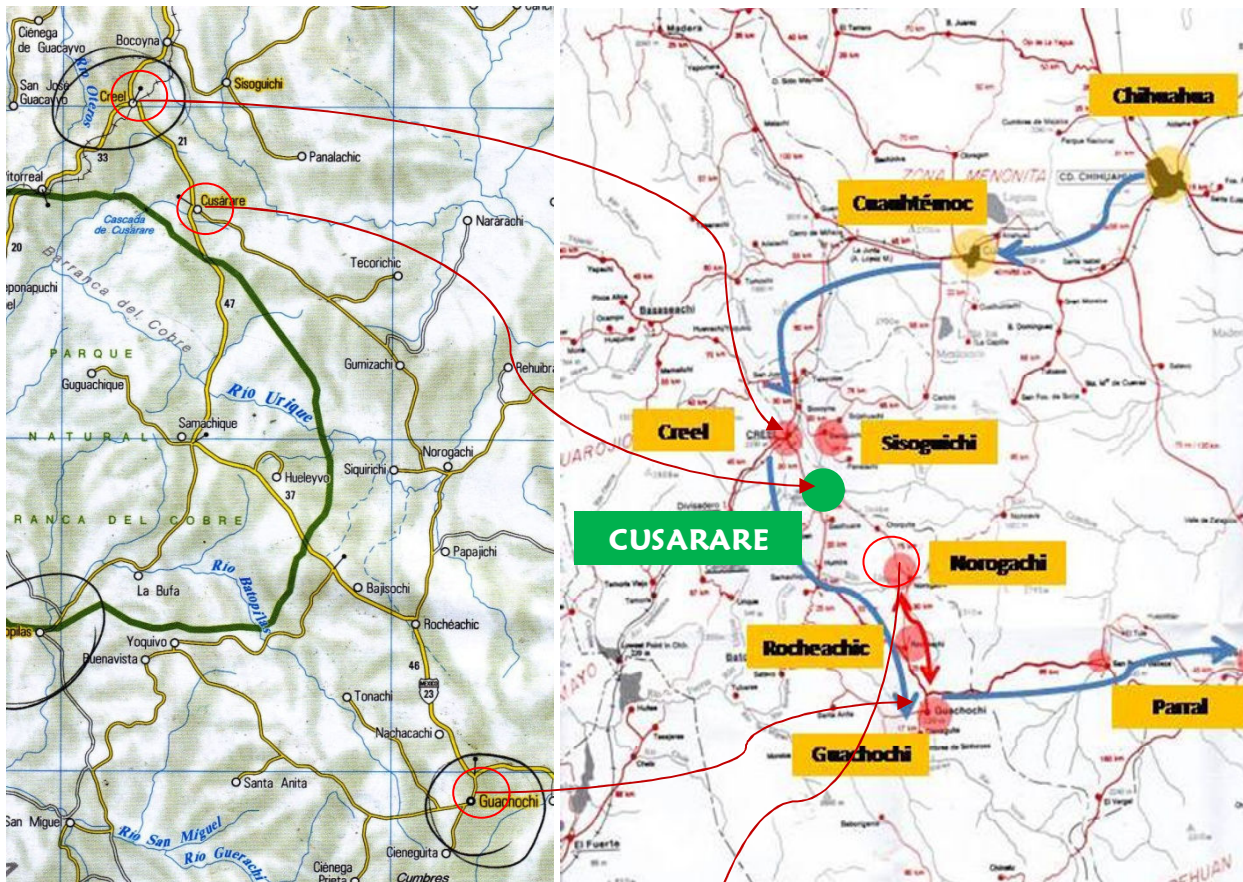


Figura 11. Mapa del primer viaje de reconocimiento, recorrido y poblados principales visitados.



Figura 12. Mapa Norogachi, Papajichi y Siquirichi.



En los mapas de la página anterior (figura 11), se sintetiza el trayecto desde la ciudad de Chihuahua hacia la sierra, entrando por la zona norte y reconociendo algunos de los sitios más importantes —Creel, Rocheachi, Guachochi—, hasta la salida por el extremo sureste en la ciudad de Parral. Como se puede apreciar, se indica en color verde el poblado Cusárare pues, como se verá más adelante, se convirtió en uno de los elementos fundamentales elegidos para el desarrollo de la tesis.

En el mapa de la figura 12 puede apreciarse a una menor escala la localización de dos de los sitios visitados más interesantes —Papajichi y Siquirichi—, en los que se encontraron algunos de los ejemplos más antiguos de viviendas bien conservadas.

En los bloques fotográficos que aparecen en las páginas siguientes, se podrán apreciar varios de los elementos arquitectónicos, urbanos y de paisaje natural, recogidos durante el primer viaje.

Es importante recordar que la presente tesis formará parte del proyecto general de arquitectura bioclimática y del paisaje del norte de México, por lo cual, se han ido obteniendo testimonios sobre estos temas en general, de los que también se obtendrán referentes que servirán para reforzar algunos conceptos de desarrollo sustentable (recursos naturales disponibles, vegetación e hidrología) que serán referidos más adelante.

### **3.2. El paisaje natural y los poblados**

Ya se ha mencionado que, a lo largo de toda la Sierra Alta Tarahumara, los *rarámuris* se han venido distribuyendo en forma muy dispersa y hay todavía un número considerable de ellos que continúa viviendo en las zonas intermedias de las barrancas.

Por su parte, los grupos que se concentran en los poblados más grandes, en cualquier caso lo hacen en conglomerados no muy numerosos y en áreas poco extensas, que conforman más bien asentamientos rurales con viviendas muy separadas unas de otras. En muchas de rancherías, es evidente que no existe una delimitación del predio

en el que se ubican, es decir, viven inmersos un régimen libre y desprovisto del carácter privado convencional que nosotros conocemos<sup>31</sup>.

Además de lo anterior, se documentaron y obtuvieron testimonios sobre algunos espacios accesorios que conforman las pequeñas poblaciones al desarrollo de la vivienda, en ellos destaca la iglesia, pues muchos de estos poblados se conformaron a partir de las incursiones de los misioneros durante la Colonia y, con la adopción del catolicismo, se han preservado hasta nuestros días.

Más adelante se plantean algunos ejemplos de esta forma de desarrollo urbano, reiterando que son sólo referentes contextuales de la investigación, pues fue la vivienda el tema central desarrollado.

### **3.3. El recorrido en imágenes**

A continuación, se presentan varios grupos de imágenes cuyo objetivo es esbozar un primer acercamiento a la región a través del paisaje natural y los poblados citados.

Se presentan varios bloques fotográficos en los que se va planteando (en riguroso orden) cada tramo del trayecto, seguido de la población visitada. Además de significar una introducción al paisaje regional, en ellos pueden apreciarse los componentes urbanos de las comunidades recorridas (patrones dispersos de asentamiento) y, desde luego, algunas de las variantes de la vivienda (y sus espacios accesorios), como materiales empleados para los muros y cubiertas, así como varias de las tipologías halladas, las cuales fueron revisadas con mayor detalle y aparecen en el capítulo siguiente de la investigación.

---

<sup>31</sup> De acuerdo con Ana Celi Palma, en una conversación sostenida en la ciudad de Chihuahua (junio de 2009), la forma privada de delimitar las parcelas se ha ido adoptando paulatinamente, pero sólo en los poblados más grandes, pues en las rancherías, que como se ha visto son la forma predominante de asentamiento, se preserva una forma libre que tiene implícito el respeto sobre el espacio heredado por las familias. Es interesante mencionar que estas formas de organización, carentes de administraciones excesivas por lo visto no les han generado problemas de convivencia y no tienen objeciones por preservarlas.

### 3.3.1. Bloques fotográficos primer viaje



**Figura 13.** Bloque Fotográfico trayecto hacia la sierra, campos menonitas, Creel y alrededores.



**Figura 14.** Bloque Fotográfico trayecto Bocoyna a Sisoguichi: paisajes y terracería.

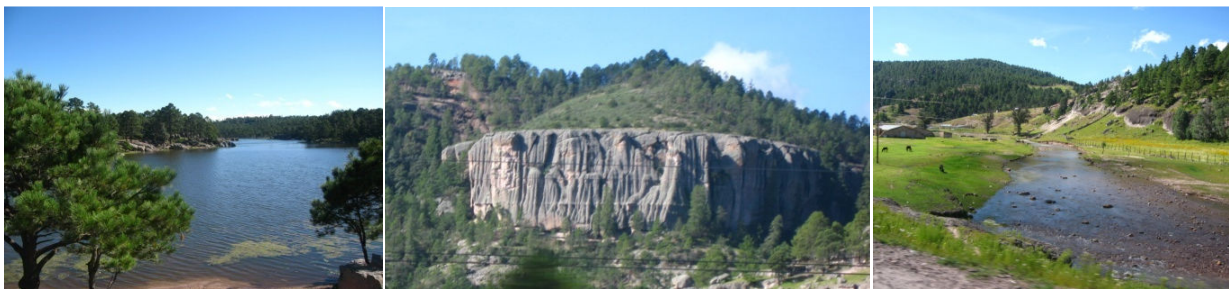








**Figura 15.** Bloque fotográfico Sisoguichi: Vivienda, Misión y paisaje en el poblado.



**Figura 16.** Bloque fotográfico trayecto Creel hacia Cusárare: periferia Creel, lago Arereko y entrada a Cusárare.



**Figura 17.** Bloque fotográfico Cusárare: Misión (fachada y exterior atrio), vista interior y entorno del poblado.



**Figura 18.** Bloque fotográfico trayecto de Creel hacia Rocheachi: carretera y paisajes.







**Figura 19.** Bloque fotográfico Rocheachi: vistas alrededores.



**Figura 20.** Bloque fotográfico Guachochi: centro Ciudad.





**Figura 21.** Bloque fotográfico trayecto Guachochi a Papajichi: terracería y paisajes.



**Figura 22.** Bloque fotográfico Papajichi: vivienda abandonada, misión y plaza Kumerachi<sup>32</sup>.

32 De acuerdo con lo citado por José Luis Sariego (2006), los domingos suelen reunirse los rarámuris en el kumerachi con su gobernador o siríame, quien les arenga, entre otros asuntos, sobre normas y conductas morales. Cuando se presenta alguna acusación se procede a realizar las averiguaciones, seguidas de un juicio ante los testigos e involucrados en el problema, siempre inmersos en formas de reconsideración y reflexión sobre el asunto, por parte del siríame y su grupo de asesores. Cuando la sentencia determina que el inculcado merece ser “encarcelado”, se utiliza un cuarto anexo al propio kumerachi. Este elemento urbano es uno de los espacios más interesantes encontrados durante el recorrido. Si desea indagarse más sobre esta visión jurídica propia de los rarámuris, se recomienda visitar el sitio web: <http://www.cemca.org.mx/UserFiles/SARIEGO.pdf>.

### 1.1.1.









**Figura 23.** Bloque fotográfico trayecto Papaguichi a Siquirichi.



**Figura 24.** Bloque fotográfico Siquirichi: vistas Panorámicas.



**Figura 25.** Bloque fotográfico trayecto Siquirichi a Norogachi.



**Figura 26.** Bloque fotográfico Norogachi. Vivienda, Misión y Paisaje Poblado.



### **3.4. Conformación de los poblados**

En el capítulo II se ha mencionado que la mayor parte de los habitantes *rarámuris* de las zonas altas de la sierra, tradicionalmente han decidido ubicar sus casas a las orillas de los ríos para facilitar el cultivo, desarrollándose en rancherías que parecen más ser un conjunto de casas diseminadas que pueblos compactos organizados. Por lo tanto, es el cultivo una actividad prioritaria de subsistencia que han desarrollado ancestralmente junto con la herbolaria y la ganadería, y también, en forma especial, han aprendido a manejar el estiércol como abono, mediante corrales movibles que son un elemento muy repetido en todo tipo de comunidades.

Otro hecho común entre los *rarámuris* es el cambio de residencia, frecuente en casi todas las familias durante el invierno; debido al cultivo (la mayor parte de las veces para la subsistencia y el autoconsumo), se dan movimientos hacia zonas más bajas de las barrancas; este hecho, genera un uso y desuso cíclico de las viviendas coincidente con los ciclos estacionales (períodos de lluvias) que influyen directamente en su inherente nomadismo.

En relación con la agrupación territorial dentro de las comunidades, ya se sabe que muchos de los pequeños poblados carecen de desarrollo urbano y, a pesar de encontrar ciertas divisiones físicas para las propiedades, en muchos de los casos la propiedad no está delimitada físicamente y las viviendas se ubican en formas aisladas sin algún orden preestablecido. Actualmente, las organizaciones ejidales mantienen registros sobre las parcelas, aunque en la mayoría de los casos las viviendas nunca se registran como una propiedad privada y es, exclusivamente, la delimitación del terreno lo que da lugar a respetar las viviendas como espacio de uso privado<sup>33</sup>.

#### **3.4.1. Esquemas dispersos**

Ya se ha venido mencionando que la mayoría de los poblados y rancherías de los *rarámuris* se han venido generando en esquemas muy dispersos, en los que

---

<sup>33</sup> Información proporcionada por Ana Celi Palma, en una entrevista realizada en la Coordinación Estatal de la Tarahumara, en la ciudad de Chihuahua (junio 2009).



difícilmente se pueden inferir referentes sobre alguna traza, incluso en los poblados más grandes, en los que el sembrado de viviendas se da en forma muy libre. Esto ha podido comprobarse no sólo en los sitios visitados durante el primer viaje, sino mediante una revisión de vistas aéreas de, al menos, veinte poblaciones de la Alta y Baja Tarahumara ubicadas a través del *Google Earth*, de las cuales, en seguida se exponen algunos ejemplos con las observaciones correspondientes.



**Figura 27.** Norogachi. Trazas periferia (izquierda) y centro del poblado (derecha).

En las imágenes anteriores (figura 27) se aprecian las diferencias de trazados dentro de un mismo poblado, en este caso Norogachi. Del lado izquierdo, aparece el sembrado habitual de casas dispersas, en la periferia del poblado, y del lado derecho, el centro del mismo, se aprecia el sembrado con la misión, el atrio y el seminario (círculo rojo), entre otras edificaciones, cuya traza mucho más cerrada (incluso con algunos esquemas de patio central), fue conformada y construida durante la colonización<sup>34</sup>. El siguiente mapa *Google Earth*, corresponde a un poblado mucho más aislado y pequeño —Papajichi—; a pesar de contar también con la misión, se trata del esquema realmente disperso (“salpicado”) de la mayoría de las rancherías de los *rarámuris*, en el que aparece el río

<sup>34</sup> En varios de los poblados visitados, pudo comprobarse esta forma de desarrollo de la comunidad en torno a la misión. No obstante, la mayor parte de la comunidad se mantiene en los alrededores en forma aislada.

flanqueando el poblado, en el pequeño valle conformado entre las zonas montañosas y las barrancas.



**Figura 28.** Vista *Google Earth* Papajichi.

En la vista aérea anterior (figura 28), aparece referido con un círculo amarillo el conjunto de la misión y la plaza de los juicios de Papajichi (ver fotografías). El resto de las viviendas están dispersas en el poblado, varias de ellas a la orilla del río que va recorriendo el perímetro, con algunos canales pequeños que riegan naturalmente las áreas interiores.



### 3.4.2. Orientaciones

Si bien no se encontraron evidencias sobre criterios repetidos de orientación de las viviendas, pues éstas parecen más bien estar alineadas con los referentes del contexto (ríos y brechas), no puede descartarse alguna posible relación con los movimientos solares. Algunos testimonios obtenidos, indican que el acceso y la ventana de las fachadas principales de las viviendas suelen ubicarse hacia el este<sup>35</sup>. Además, de acuerdo con lo comentado por don Juan Camilo (septiembre de 2008), existe un conocimiento ancestral sobre las ventajas de construir las viviendas en las laderas de las montañas, respecto de mayores horas de asoleamiento.

Al margen de lo anterior, con el objeto de acentuar la variedad de orientaciones, en la imagen *Google Earth* de la figura 29, se agregan algunas cruces que remarcan la orientación del perímetro de varias viviendas ubicadas en los alrededores de Norogachi.



Al margen de desconocer las ubicaciones de las ventanas o puertas, sabiendo que éstas se ubican casi siempre en sólo una de las cuatro fachadas, parece que la orientación no obedece a patrones constantes.

**Figura 29.** Vista aérea *Google Earth* Norogachi.

<sup>35</sup> “Hacia donde sale el sol”, es la forma descrita al respecto por algunos dueños de viviendas.



Está claro que el objetivo de esta investigación no fue adentrarse en planteamientos urbanos; sin embargo, para enfatizar esta forma de orientar las viviendas, a continuación se muestran dos imágenes más de poblados ubicados en la Alta Tarahumara, obtenidas también mediante el *Google Earth*.



**Figura 30.** Vistas aéreas *Google Earth* de Bocoyna (izquierda) y Sisoguichi (derecha).

Este tema es, sin duda, uno de los principales por indagar en investigaciones futuras específicas y en todo caso, aludiendo al diseño bioclimático, es importante indicar que este sembrado de viviendas propicia exposiciones continuas sobre todas las fachadas.

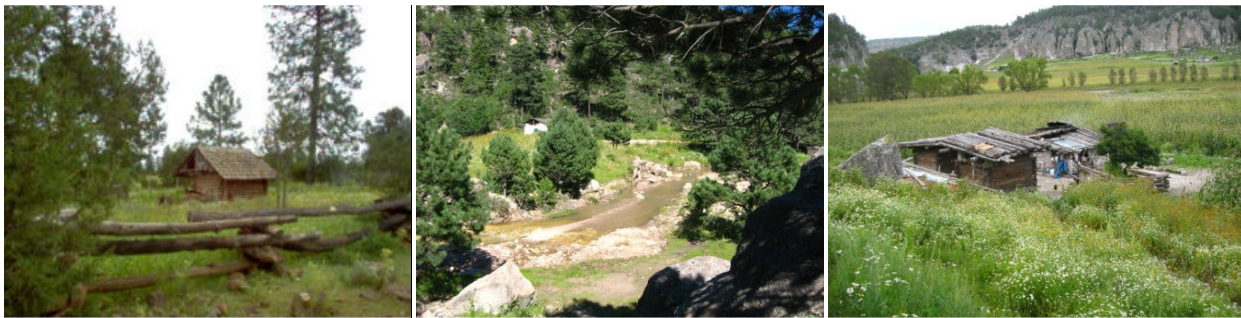
En la siguiente fotografía (figura 31) se aprecia de nuevo el patrón de asentamiento citado.



**Figura 31.** Cusárare, patrón de asentamiento disperso de viviendas.

### 3.4.3. Paisaje urbano

Como referente general del contexto construido, en las fotografías de las figuras 32 y 33 se aprecian varios de los elementos que con frecuencia se encuentran en los pequeños poblados y rancherías: ríos al margen de los asentamientos, bardas o cercas de troncos en los caminos, viviendas siempre con patrones de asentamiento muy aislados, acceso a poblados<sup>36</sup>.



**Figura 32.** Bardas, cercas, ríos.



**Figura 33.** Vistas de los poblados, caminos locales, divisiones parcelas, viviendas aisladas.

### 3.4.4. Componentes constructivos de la vivienda

Si bien se aprecia que, en casi todos los casos, las viviendas consisten en estructuras pequeñas de una habitación, hay un número importante de elementos formales y constructivos, los cuales serán ordenados y agrupados en el siguiente capítulo.

Entre ellos, uno de los más interesantes es la doble techumbre, se puede encontrar en prácticamente todas las viviendas y consiste en la cubierta del espacio interior, que es

---

<sup>36</sup> En la fotografía central de la figura 33, aparece una cerca de tronco y alambre de púas, que es precisamente el acceso (con candado y cadena) a Papajichi. Nuestro acompañante de la C.E.T. llevaba la llave para entrar al poblado.



la que cierra y resguarda térmicamente, y la exterior, que es la que sirve para rematar la construcción y desalojar el agua de la lluvia. Sus variantes, soluciones técnicas, procesos constructivos y combinaciones dependen de la edad de la construcción y, desde las más antiguas hasta las recientes, la conceptualización se preserva y es el desarrollo de los materiales, el que genera las diferencias en formas y tipologías de las viviendas más recientes.

En la figura 34 se aprecian tres ejemplos de doble techumbre.



**Figura 34.** Bloque fotográfico Papajichi: viviendas con doble cubierta (techo interior y cubierta exterior).

Se ha constatado que, en todos los casos documentados, el techo interior es de madera (ya sea de tabla o tablón) y es denominado entretecho; existen diversas combinaciones, entre las cuales se encontró que el uso aparentemente más antiguo consiste en colocar entre dos tablas gruesas de madera (sencillas gruesas o dobles traslapadas) una capa de tierra (relleno), llamada por ellos mismos “torta”, que provee de una capacidad aislante al techo horizontal interior, misma que es de gran utilidad para conservar el calor dentro de la vivienda, principalmente durante los períodos de frío extremo. El segundo techo, se ha venido construyendo de diversas formas, todas ellas de madera, evolucionando de más gruesas a más delgadas, por un lógico ahorro del recurso maderero; se han generado resultados estéticos muy diversos que actualmente han sido sustituidos por láminas acanaladas de acero, no sólo por ser más baratas, sino por implicar los menores costos de mantenimiento y mayor durabilidad; en cualquier caso, es evidente que los resultados formales de las viviendas antiguas

son mucho más ricos y dan lugar a una arquitectura característica de la sierra Alta Tarahumara.

En los croquis siguientes (figuras 35 y 36), se aprecian con más claridad los componentes constructivos de la doble cubierta; es interesante apreciar los distintos espesores, inclinaciones, anclajes y apoyos, de acuerdo con las características de los materiales que componen cada caso.

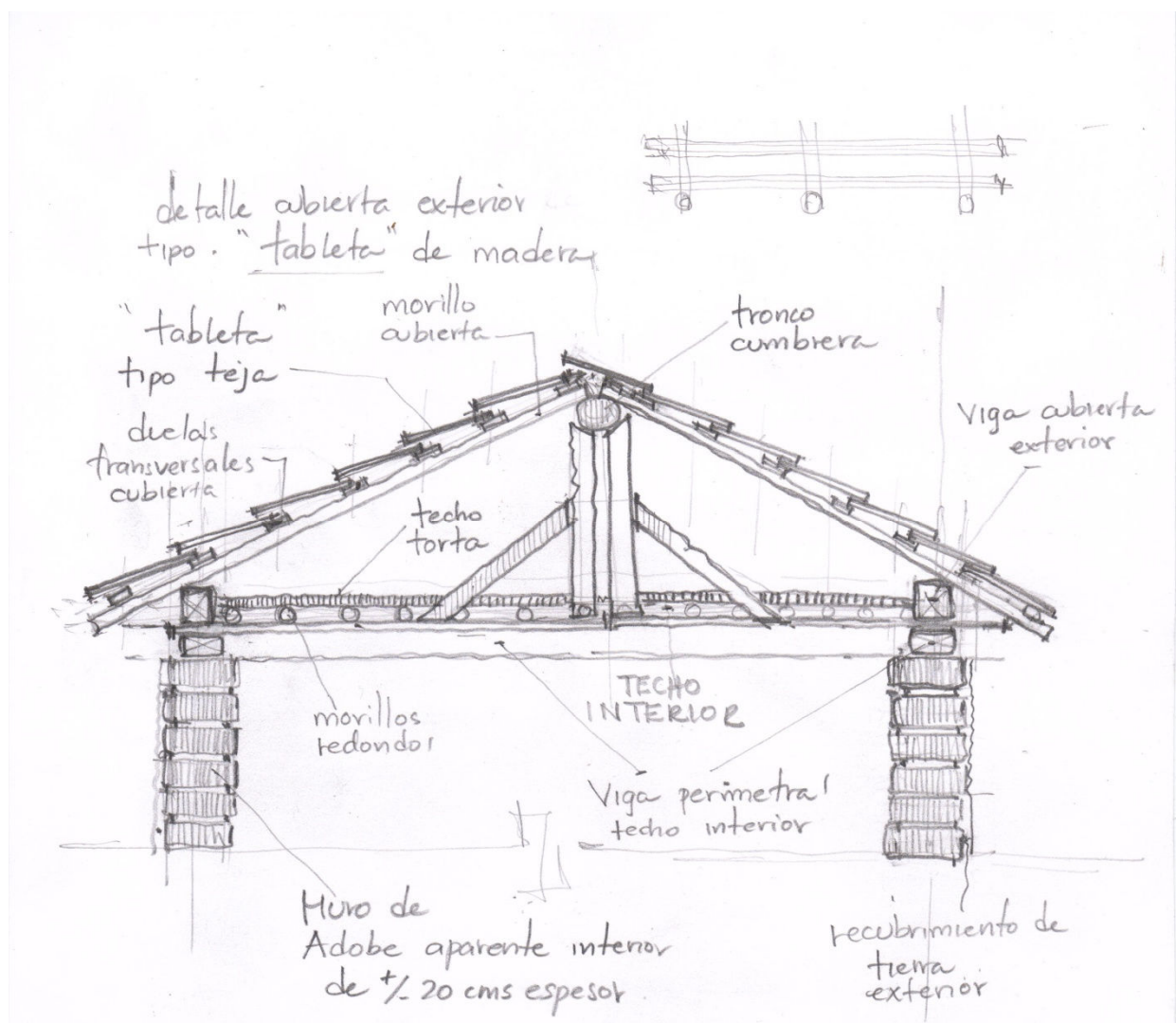


Figura 35. Esquema de techo exterior de tableta de madera.

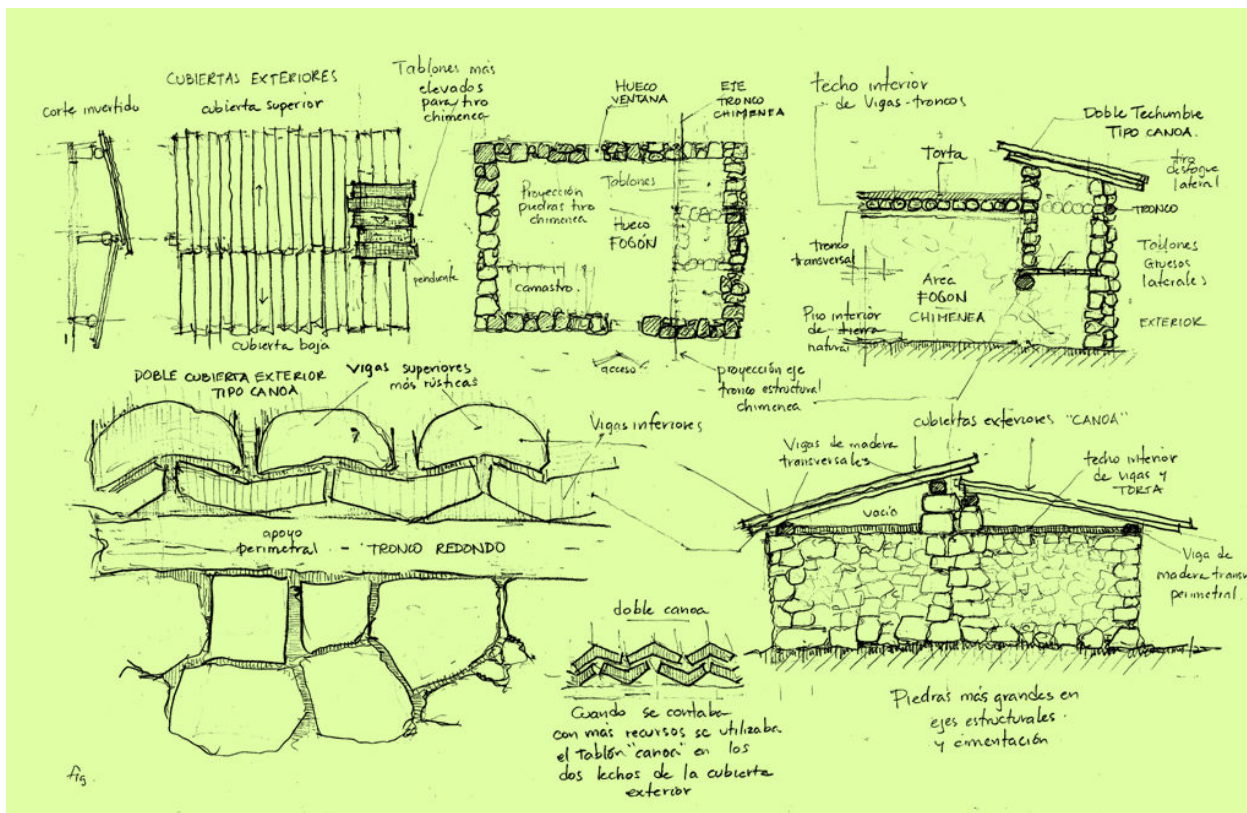
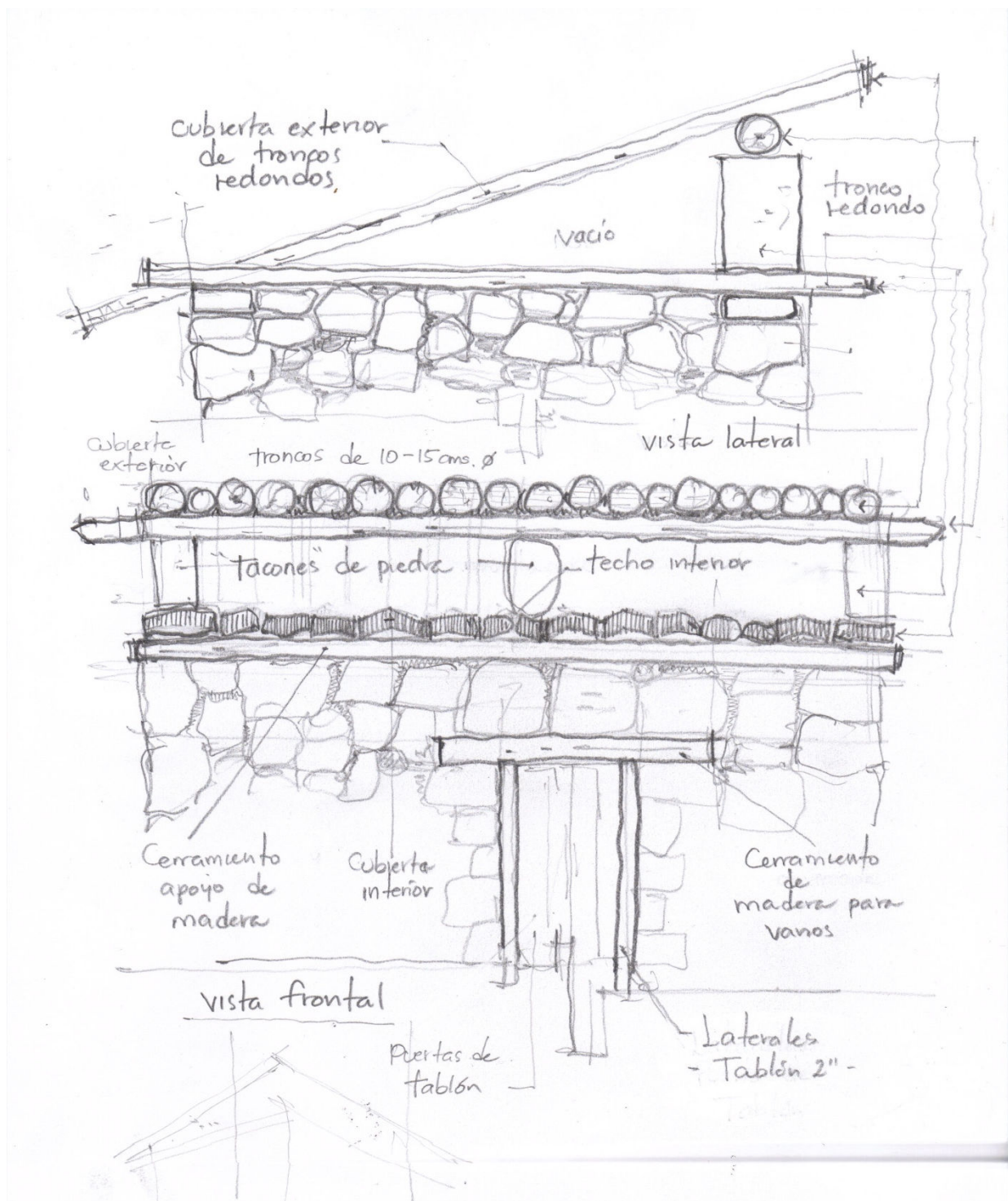


Figura 36. Imágenes de la vivienda de piedra.



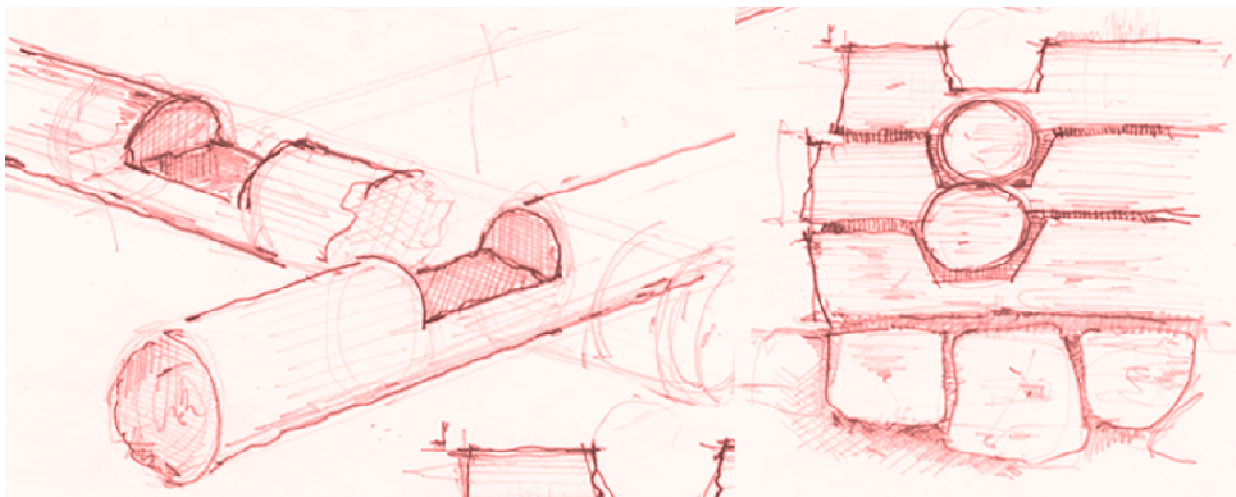




**Figura 37.** Cubierta exterior de vigas y troncos redondos y techo interior de canoa y torta.

Pudo documentarse, que en algunas viviendas muy antiguas, se usaba el tablón grueso en dos capas con la “torta” en medio; es de suponerse que su comportamiento térmico debe ser mejor, aunque por razones económicas está actualmente en desuso.

Por su parte, en relación con el uso de la madera en los muros, se pudo constatar que muchas de las viviendas se han venido construyendo con troncos redondos, ya sea con relleno de mezcla o con los troncos colocados bien pegados entre sí.



**Figura 38.** Detalle machimbrado troncos esquinas y apoyo en cimentación.

En cuanto a los muros de piedra, existen igualmente evidencias de que ha sido uno de los materiales más utilizados y se conocen bien sus cualidades térmicas, tanto para el período de frío como de calor.

Con base en testimonios grabados en Cusárare, se supo que la utilización de los tres materiales más importantes estudiados (madera, piedra y adobe) tiene ventajas y desventajas, y para cualquier caso, depende mucho de la disponibilidad para decidir con cuál de los tres se puede construir una nueva vivienda; se sabe que el adobe es mucho más manejable que la piedra y que ésta última cada vez se usa menos por las dificultades de transportarla; así mismo, se sabe que la madera es, sin duda, el material más empleado y dominado, sin embargo su uso viene paulatinamente siendo más restringido.



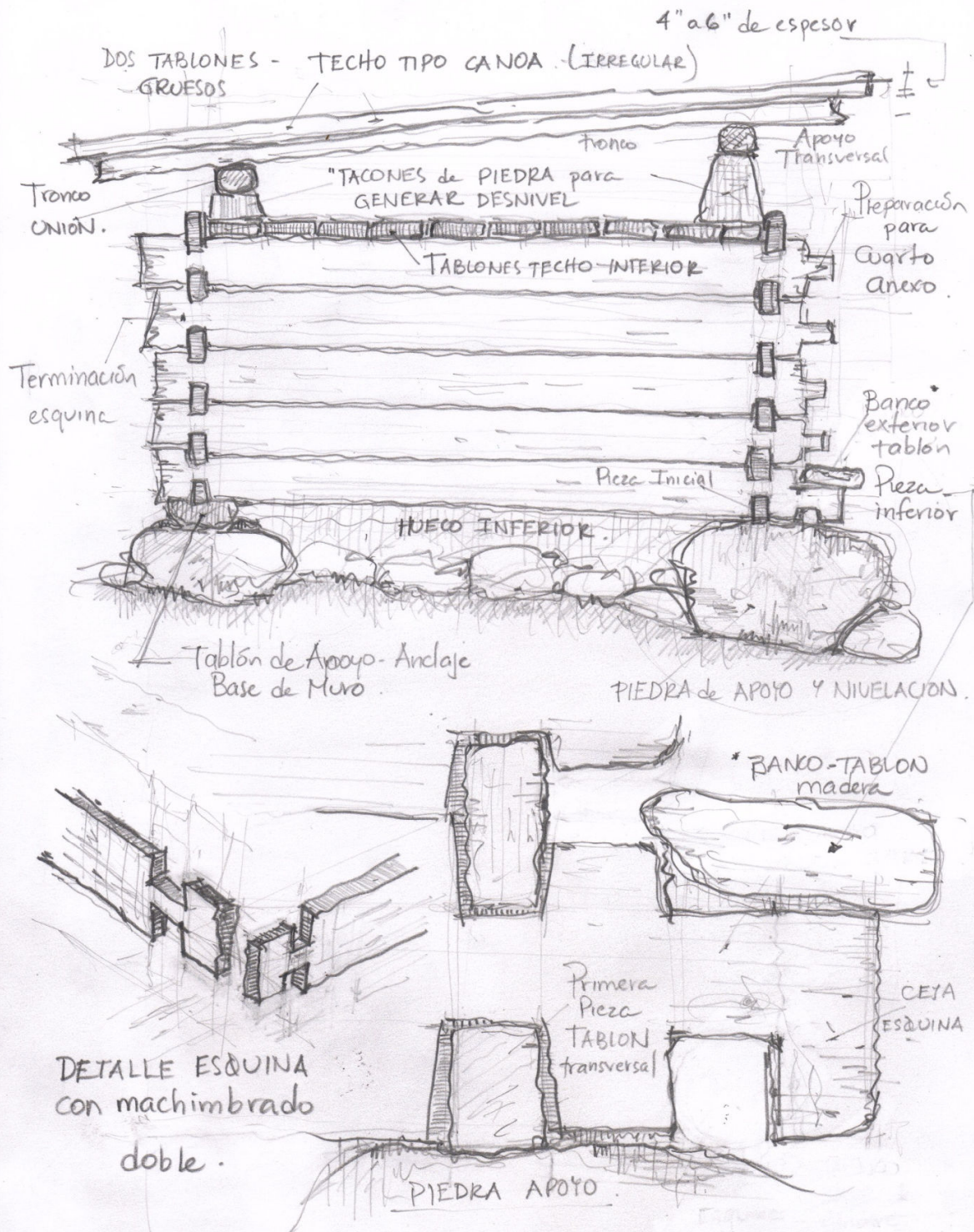
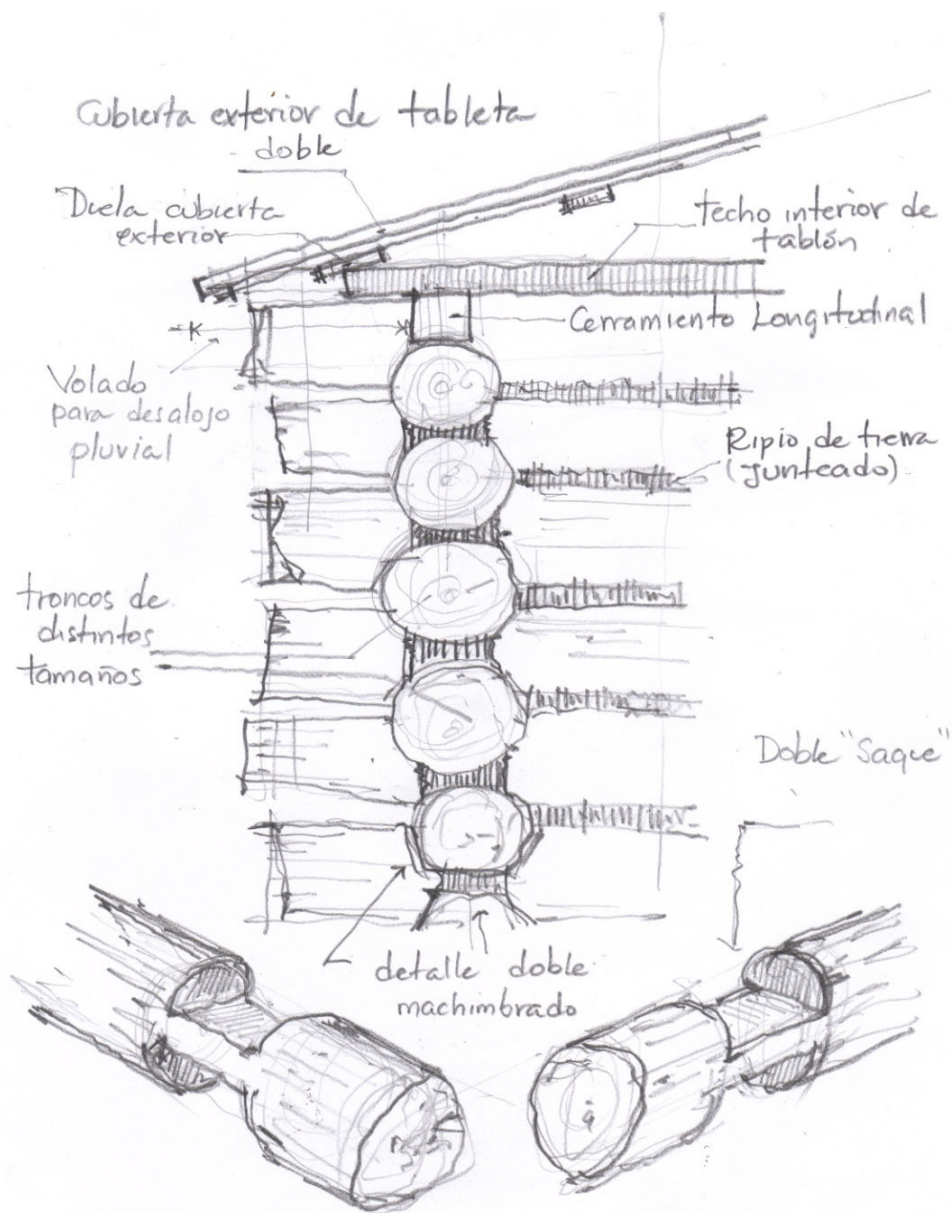


Figura 39. Esquema muros de tablón grueso y doble cubierta de tablón y canoa.



**Figura 40.** Detalle esquina muro machimbrado doble.

En síntesis, se conocen bien los procedimientos constructivos de los distintos recursos disponibles y es la facilidad de obtención y manejo del material (suministro), el que determina la decisión final. Para todos los casos, hay evidencias del manejo de técnicas de traslapes, uniones, nivelaciones e integración de los distintos materiales.



### 3.4.5. Formas y soluciones

En los bloques fotográficos que se presentan a continuación (figuras 41 a 50), pueden apreciarse varias de las envolventes que han sido documentadas, así como una serie de detalles constructivos en los que se evidencian los procedimientos constructivos y las soluciones arquitectónicas referentes a los distintos tipos de vivienda. Puede apreciarse en ellos varios de los detalles constructivos más interesantes: muros, cubiertas, dobles techos, volados, anclajes, apoyos, armado de puertas, ventana, traslapes, machimbrados, recubrimientos, junteado y trabajos aparentes, entre varios más.



**Figura 41.** Elementos constructivos y detalles.



**Figura 42.** Elementos constructivos y detalles.



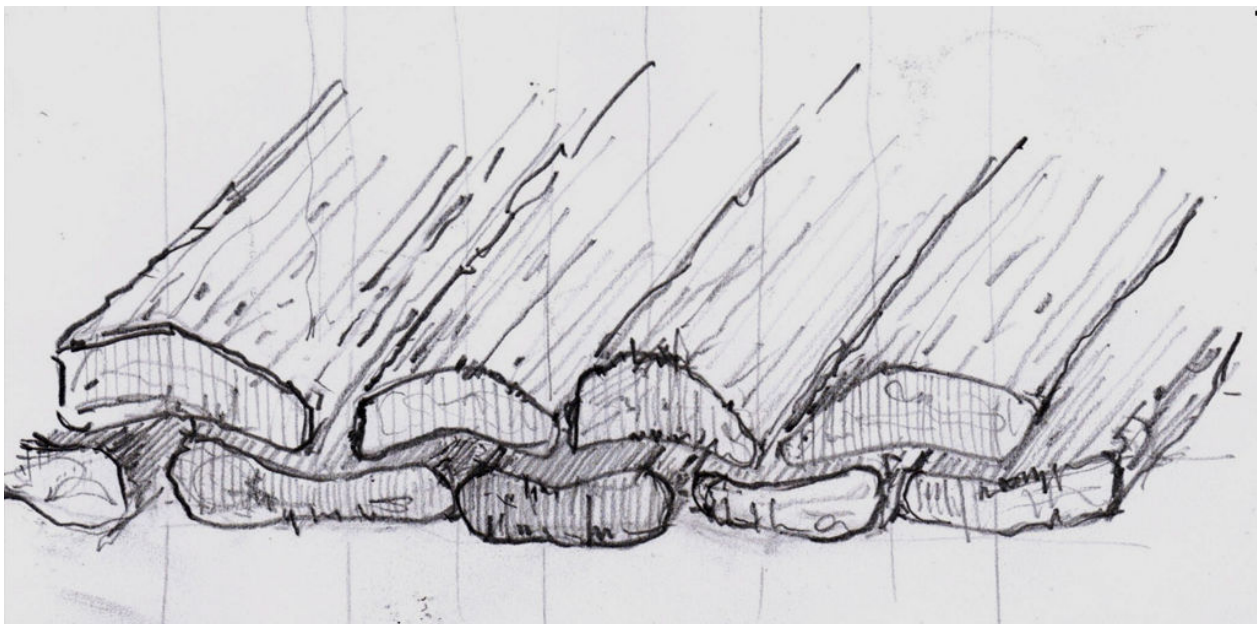
**Figura 43.** Elementos constructivos y detalles.



**Figura 44.** Elementos constructivos y detalles.



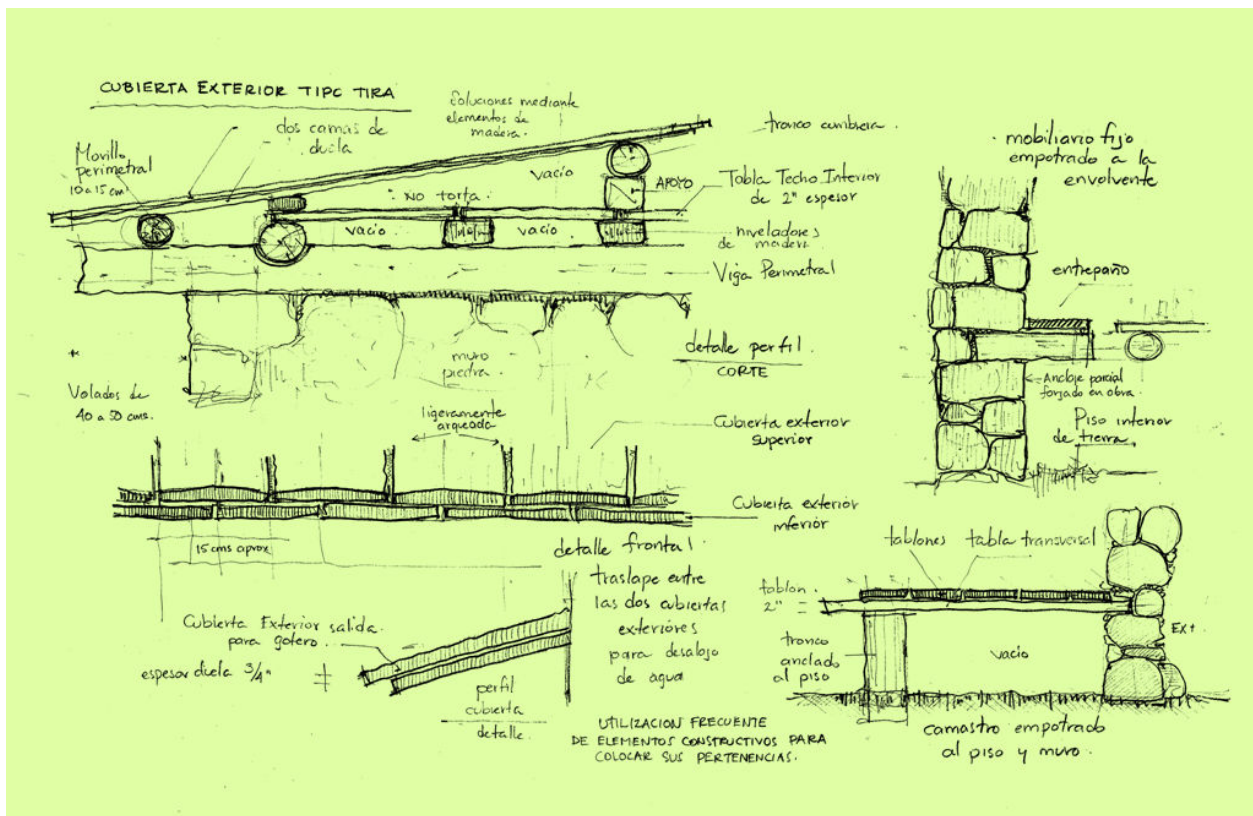
**Figura 45.** Elementos constructivos y detalles.



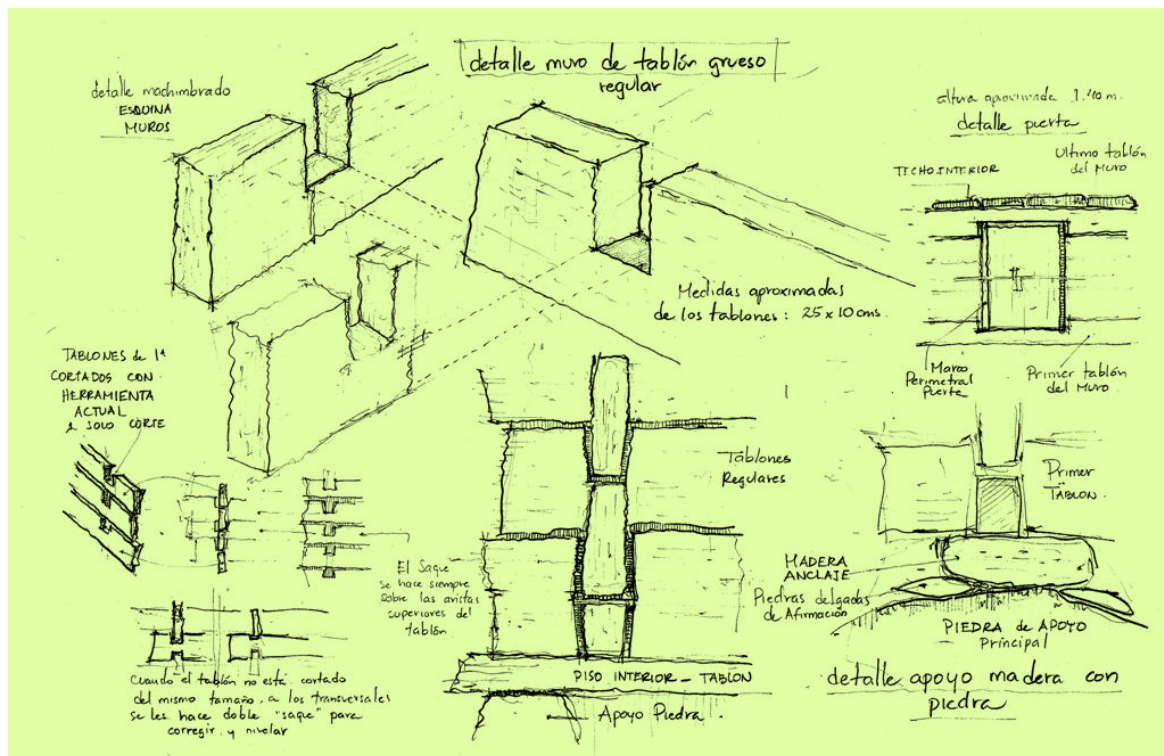
**Figura 46.** Elementos constructivos y detalles.







**Figura 47.** Cubierta exterior de doble tableta y techo interior de tabla y vigas.



**Figura 48.** Muros de tablón grueso con machimbrados sencillos.







**Figura 49.** Elementos constructivos y detalles.



**Figura 50.** Elementos constructivos y detalles.



**Figura 51.** Elementos constructivos y detalles.

Es evidente que la vivienda que los *rarámuris* vienen construyendo hasta nuestros días, con sus diferencias en formas y técnicas constructivas, mantiene una identidad y una armonía, basadas en conceptos y elementos de diseño, que han preservado y que aun con su diversidad de soluciones, derivadas de la disponibilidad del propio material como recurso primario, responden de una manera lógica al comportamiento climático regional.

En el capítulo siguiente, se abordará la clasificación del material fotográfico obtenido, que servirá como base para siguientes clasificaciones que pretendan realizarse con el objeto de documentar esta arquitectura como un patrimonio que debe preservarse.

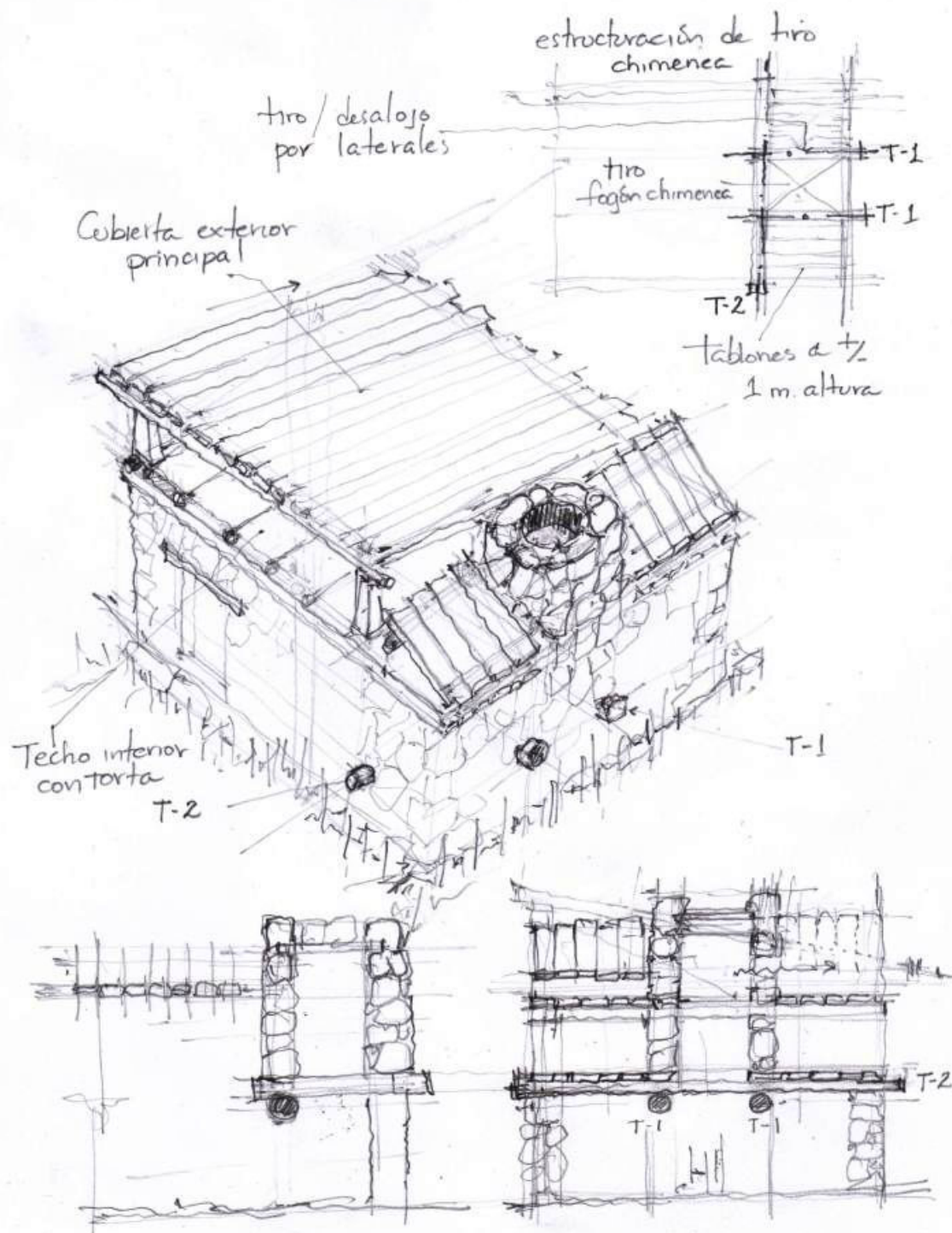


Figura 52. Vivienda de piedra con cubierta fraccionada para chimenea.



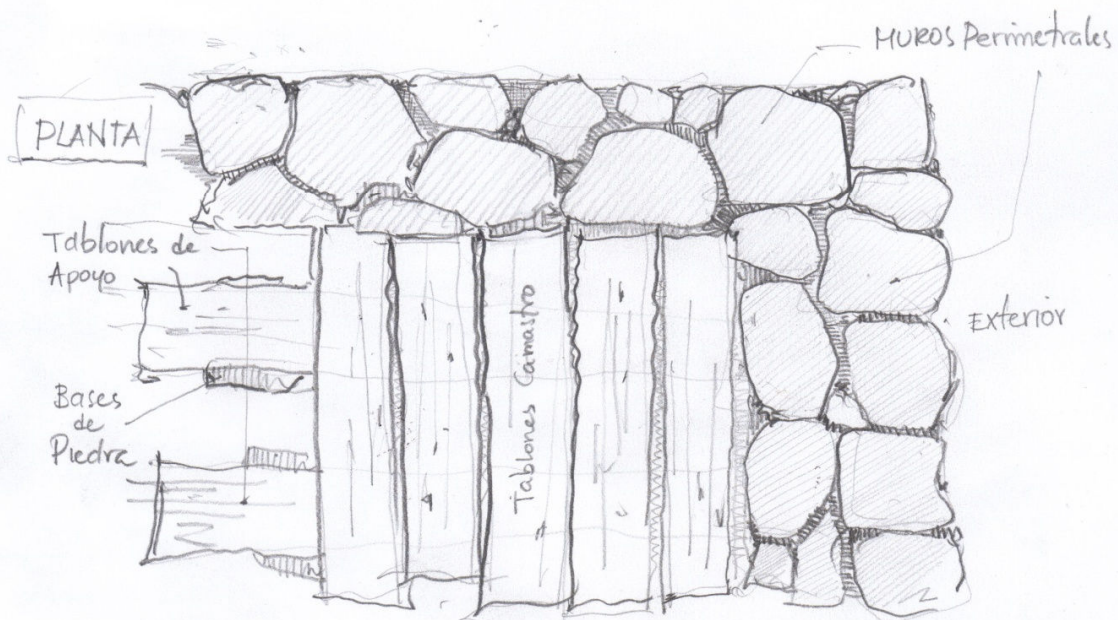
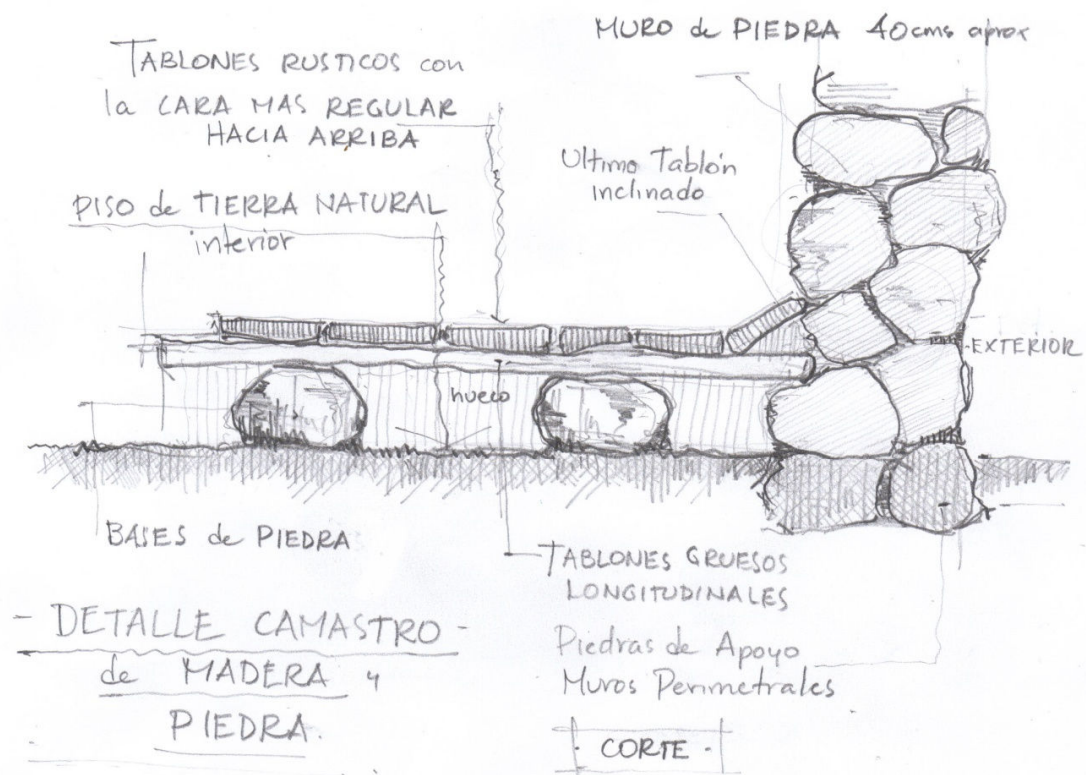


Figura 53. Detalle interiores: camastro empotrado de tablones y piedra.

### 3.5. La Coordinación Estatal de la Tarahumara (CET)

Son muchas las necesidades de los *rarámuris*, particulares y colectivas, y dada la condición ya estudiada sobre los diversos eventos históricos que les han afectado (de los que en realidad han sido víctimas), continúan aislándose y subsistiendo al margen de casi todas las instituciones de gobierno, con excepción de algunas instancias con las que han decidido interrelacionarse.

Son dos las instituciones con las que actualmente mantienen una relación continua: La Coordinadora Estatal de la Tarahumara (CET), de Chihuahua, y el Programa Interinstitucional de Apoyo al Indígena (PIAI)<sup>37</sup>. En virtud de que la CET, ha propiciado el enlace y apoyo para la investigación, abordaremos los datos y objetivos principales sobre ella.

Desde hace al menos dos décadas, la CET se ha consolidado como la principal institución con la que los *rarámuris* vienen estableciendo relación con el Gobierno de Chihuahua y, por lo tanto, es también una instancia de la que aceptan procuración y atención, para sus necesidades de toda índole, y para recibir apoyo en cualquier problemática que aqueje a su comunidad<sup>38</sup>.

La CET se creó en 1987 y consolidó sus funciones el 3 de julio de 1987, a través de la “Ley de la Coordinadora Estatal de la Tarahumara”<sup>39</sup>, la cual quedó constituida para establecer los lazos que permitan relacionar a los habitantes de la Sierra Tarahumara con el gobierno Estatal. Sus funciones van desde la procuración y apoyo para sus necesidades, hasta la integración de ellos a las decisiones y vida política de su región.

Por último, es importante mencionar que el desarrollo de cualquier investigación se hace complicado, y en algunos sitios casi imposible, sin la anuencia y cooperación por parte del personal de la CET.

---

<sup>37</sup> Programa de apoyo federal.

<sup>38</sup> Existen otros programas de apoyo federales y estatales que se han venido consolidando, aunque con proyectos que son eventuales, varios de ellos a partir de la creación de la Comisión para el Desarrollo de los pueblos Indígenas (CDI).

<sup>39</sup> En la sección de Anexos (capítulo IX) se presenta la Ley de la CET vigente.

## **4. CAPITULO IV**

El presente capítulo planteará los referentes principales de la investigación: análisis climático, descripción general de la vivienda (componentes conceptuales y constructivos) y definición del sitio para las mediciones. Los tres son de suma importancia; la vivienda es el objeto que va a estudiarse y compararse; el análisis climático ubica la investigación respecto de su medio físico natural; finalmente, ambos se complementan con la elección del sitio en el que se presentan condiciones viables para realizar el experimento.

### **4.1. Análisis climático regional**

Como parte inicial de la metodología de diseño de arquitectura bioclimática, el análisis climático tiene como objetivo recabar información sobre los componentes (factores y elementos) del clima: altitud, longitud, latitud, temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, viento, entre otros; todos ellos describen climáticamente el medio como punto de partida contextual de la investigación.

#### **4.1.1. Obtención de datos climatológicos**

Son varias las fuentes de información con las que se cuenta para la obtención de datos climáticos: estaciones meteorológicas, estaciones automatizadas y observatorios nacionales y estatales. Todos ellos son monitoreados regularmente por instituciones y organismos privados y públicos, y en algunos casos, sus datos se obtienen directamente de la página web de la Comisión Nacional del Agua (Conagua).

En el caso de la Alta Tarahumara, se detectaron tres estaciones meteorológicas localizadas en la zona la visitada durante el primer viaje de reconocimiento: Norogachi, Bocoyna y Guachochi; todas presentaron condiciones similares de altitud y aunque las distancias entre ellas eran considerables (dada la estructura física de la Alta Tarahumara), se decidió que cualquiera de ellas contaba con condiciones para que la información que contuvieran pudiera utilizarse sin inconvenientes.

En la tabla 1 de la página siguiente, se insertan los grupos de datos climáticos de los tres sitios mencionados; puede apreciarse que las variaciones derivadas de las diferencias de altitudes (menos de 100 m entre ellas) son relativas.

Más adelante, en las figuras 54 y 55 (página siguiente), se muestran los mapas con la ubicación de los tres sitios referidos, mismos que junto con Creel y Cusárare fueron referentes principales para el resto de la investigación.

#### **4.1.2. Sitio de referencia: Bocoyna**

Una vez que se reunió la información de las tres estaciones citadas, el principal criterio para la selección de datos definitivos, fue el número de años registrados en cada una de ellas.

Para los tres casos, los datos quedaban comprendidos entre el año 1971 y el año 2000; por su parte, los períodos de medición iban de 17 hasta 25 años, justamente en la estación de Bocoyna, por lo que fue ésta la localidad elegida para el desarrollo completo del análisis climático.

##### **4.1.2.1. Tablas y gráficas**

En la tabla 2 de la página siguiente, se presenta la síntesis de datos más importantes obtenidos de la recopilación de gabinete: temperaturas, humedad relativa, precipitación pluvial, evaporación y radiación solar. Todos ellos se refieren en períodos mensuales y promediados anualmente en la última columna; la temperatura y humedad relativa se desglosan adicionalmente en tablas de datos horarios (tablas 3 y 4).

Para la organización de toda la información recabada, se utilizó el programa diseñado por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet, en el cual se vaciaron los datos referidos en la tabla 2 y se generaron las gráficas individuales de cada caso.

Para cada grupo de datos estudiados, se presenta una explicación acotada sobre la gráfica correspondiente y del conjunto de gráficas surge, a su vez, el análisis bioclimático.



4.1.2.1.1. Tablas mensuales



Tabla 1. Comparativas de temperaturas: estaciones meteorológicas regionales.

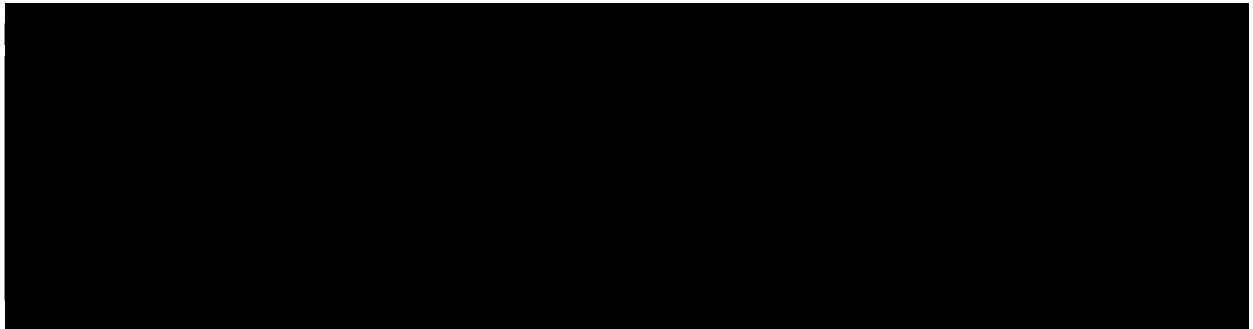
fte	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS															
A	MAXIMA EXTREMA	°C	17,3	19,8	21,3	26,5	31,0	31,8	29,2	28,7	27,7	25,4	22,5	19,5	25,1
A	MAXIMA	°C	13,5	15,2	17,6	21,0	24,0	26,9	24,4	24,1	23,2	21,2	18,0	14,8	20,3
A	MEDIA	°C	4,2	5,3	7,3	10,2	13,4	17,2	17,3	17,0	15,5	11,5	8,0	5,2	11,0
A	MINIMA	°C	-5,2	-4,6	-3,1	-0,5	2,8	7,5	10,2	9,9	7,7	1,8	-2,1	-4,3	1,7
A	MINIMA EXTREMA	°C	-8,8	-7,7	-6,3	-2,4	0,9	4,8	7,2	3,4	5,3	-2,2	-6,1	-8,8	-8,8
E	OSCILACION	°C	18,7	19,8	20,7	21,5	21,2	19,4	14,2	14,2	15,5	19,4	20,1	19,1	18,7
HUMEDAD															
E	TEMP.BULBO HUMEDO	°C	0,8	1,4	2,8	5,2	8,2	12,2	12,9	12,7	11,5	7,7	4,3	2,0	6,7
E	H.R. MAXIMA	%	84	81	80	81	83	85	83	84	90	87	81	84	83,8
E	H.R. MEDIA	%	62	59	58	58	60	61	61	63	66	64	59	61	60,9
E	H.R. MINIMA	%	39	37	36	35	36	36	40	41	43	40	36	38	38,1
E	TENSION DE VAPOR	mb	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	2,7	3,3	3,3	2,9	1,9	1,2	0,9	1,9
A	EVAPORACION	mm	49,8	64,9	105,3	138,6	175,4	155,1	122,7	117,9	102,0	91,0	66,3	53,3	1.242,3
PRESION															
A	MEDIA	hp	923,4	959,3	919,1	958,7	915,7	959,8	925,1	923,7	959,3	914,8	960,5	876,0	933,0
PRECIPITACION															
A	MEDIA	mm	44,3	36,6	19,4	14,4	16,0	74,3	166,1	144,4	107,3	47,9	38,6	66,1	775,4
A	MAXIMA	mm	118,6	128,0	134,0	79,5	69,0	179,0	287,2	282,5	191,2	231,6	123,3	250,6	287,2
A	MAXIMA EN 24 HRS.	mm	38,0	53,0	71,0	27,0	60,0	72,8	48,0	53,0	49,0	62,5	73,0	80,0	80,0
A	MAXIMA EN 1 HR.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 2. Datos principales recopilados en Bocoyna.

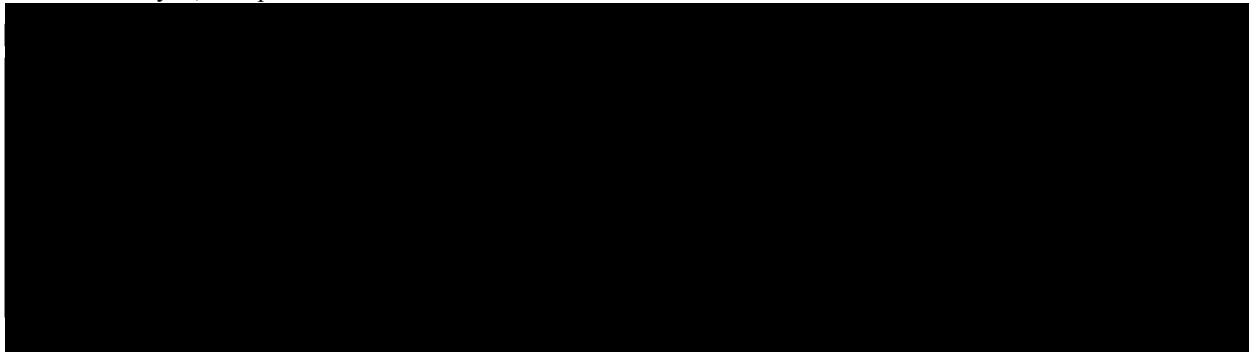


#### 4.1.2.1.2. Tablas horarias

##### Tablas horarias

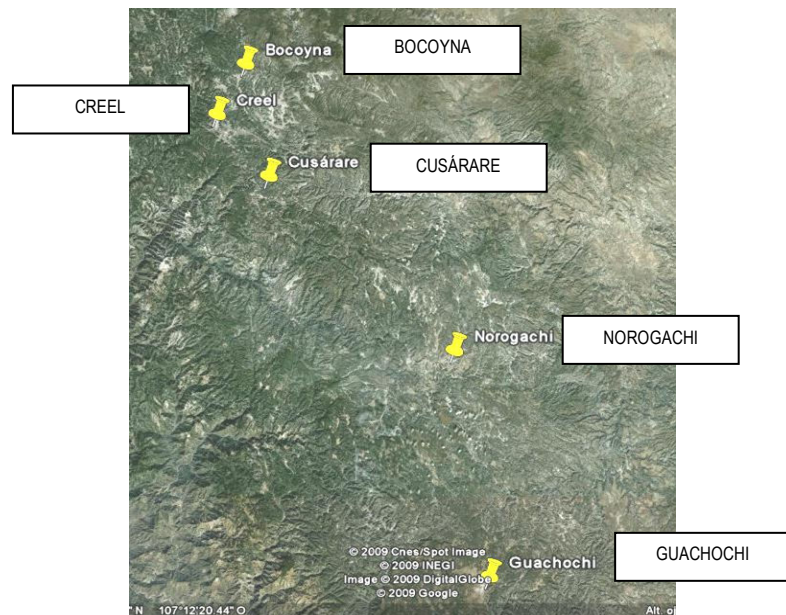
A large black rectangular box redacting the content of the table.

**Tabla 3.** Bocoyna, Temperaturas horarias mensuales.

A large black rectangular box redacting the content of the table.

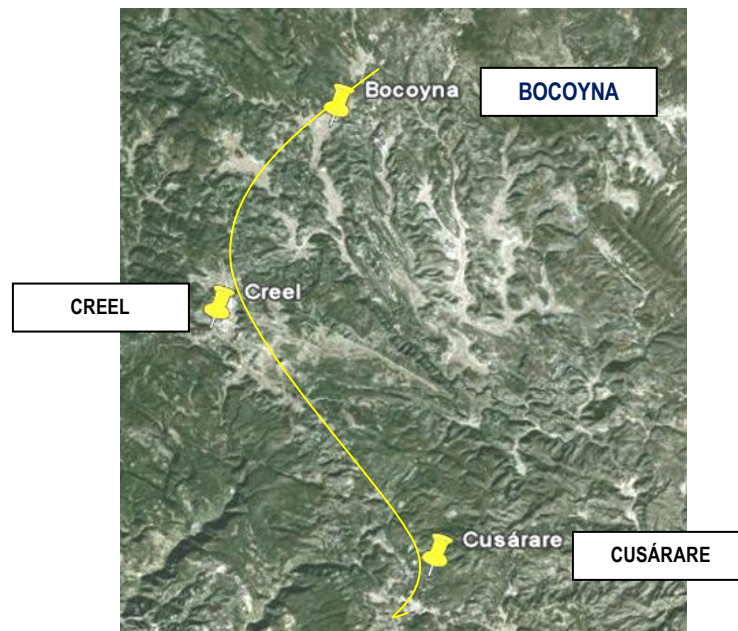
**Tabla 4.** Bocoyna, Humedades relativas horarias.





**Figura 54.** Ubicación de sitios con estaciones meteorológicas.

En el mapa siguiente (figura 55), se ubican a una menor escala los poblados Bocoyna, Creel y Cusárare. Como se verá más adelante, estos tres circunscriben la región específica en la que se desarrolla el resto de la investigación.



**Figura 55.** Referencia de sitio de estudio y estaciones utilizadas.

#### 4.1.2.1.3. Tablas individuales

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a las tablas de datos climáticos anteriores:

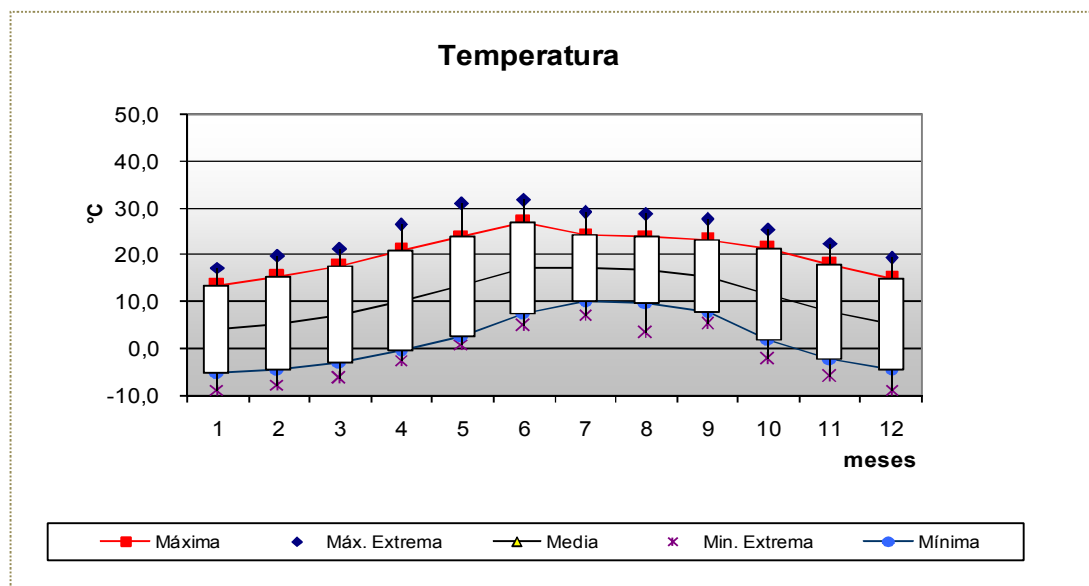


Figura 56. Gráfica de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales.

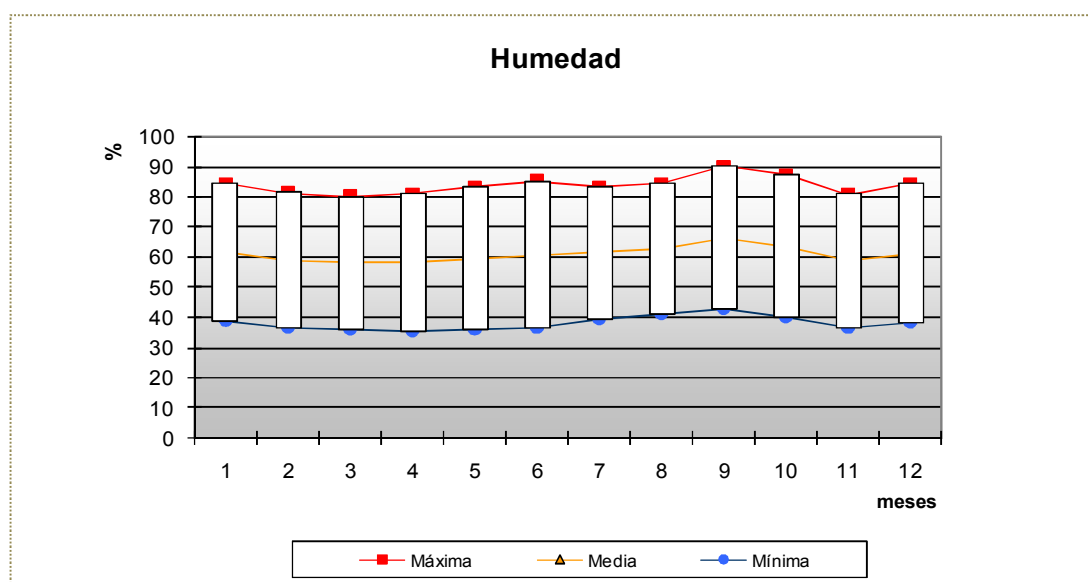
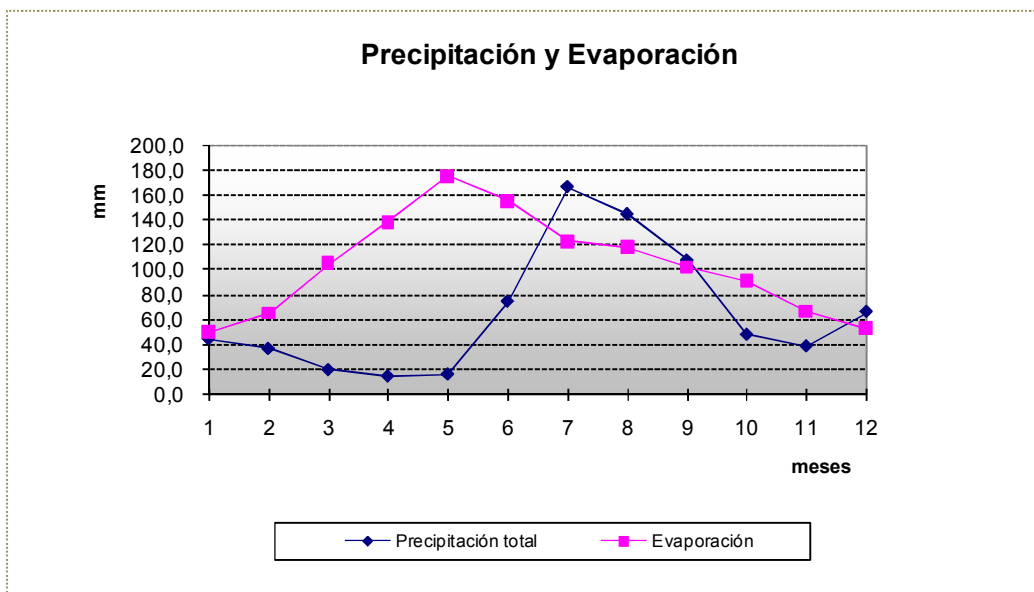
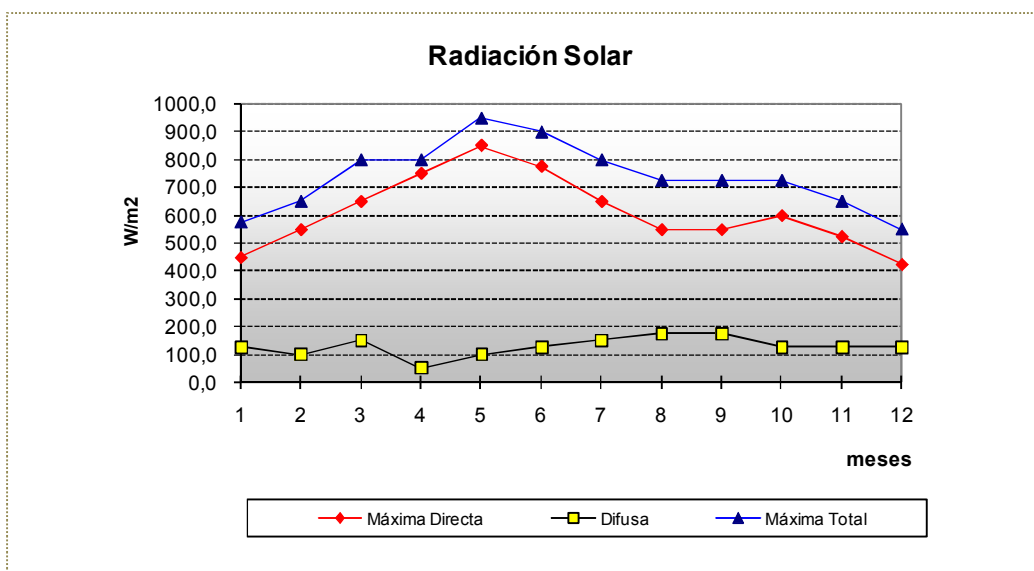


Figura 57. Gráfica de humedad relativa máxima, mínima y media.

En las tablas anteriores, se aprecian los comportamientos oscilatorios de la temperatura (fría durante la mayor parte del año) y, en menor grado, de la humedad relativa, aunque también con variaciones importantes.



**Figura 58.** Bocoyna: Gráfica de Precipitación Pluvial y Evaporación.



**Figura 59.** Bocoyna. Gráfica de radiación solar directa, indirecta y difusa.

Puede apreciarse el período de lluvias principal —julio, agosto y septiembre— y otro período menor durante el invierno. Por su parte, las elevadas radiaciones solares de esta región durante todo el año, propician evaporaciones importantes.

Todos estos factores en combinación con las altitudes de la sierra, generan el comportamiento extremo y oscilatorio de toda la Alta Tarahumara. Es evidente que todos los meses del año presentan oscilaciones mayores a los 20K, con excepción de los tres meses de precipitación (julio, agosto y septiembre), en los que la mayor presencia de humedad en el ambiente reduce el diferencial de temperatura y las oscilaciones son de 14K a 15K.

#### **4.1.2.2. Norte Magnético y Norte Solar**

De acuerdo con la página de *National Geophysical Data Center* (NGDC)<sup>40</sup>, la desviación del norte magnético para la latitud y longitud del sitio de estudio, es de 7° 15' Este, con una variación continua de 0° 5' por año<sup>41</sup>.

Al margen de las interpretaciones planteadas sobre los grupos de tablas y gráficas anteriores, a continuación se presenta otra serie de datos relevantes obtenidos de la recopilación de gabinete, todos ellos de la estación meteorológica de Bocoyna, Creel:

- Temperatura media más baja registrada en enero: 5.5°C.
- Temperatura mínima normal más baja del año es enero: -5.2°C.
- Temperatura mínima mensual más baja del año es de enero: -8.8°C.
- Temperatura mínima histórica registrada de -21°C en febrero de 1987.
- Temperatura media normal más elevada se registra en julio y es de 17.3°C.
- Temperatura máxima mensual se registra en junio 31,8.
- Temperatura máxima histórica corresponde a mayo de 1989: 37°C.  
(Primavera-verano por encima de los 30°C).
- Precipitación pluvial máxima: meses de julio, agosto y septiembre.  
(Llueve 2 / 3 partes de los días del mes).

---

<sup>40</sup> Centro Nacional de Datos Geofísicos. Ver liga en referencias web específicas.

<sup>41</sup> Ver imagen de la hoja de cálculo de declinación magnética en sección de anexos (capítulo IX).



Como referente anexo, en el capítulo IX, se presentan datos similares a los anteriores, aunque obtenidos de las otras dos estaciones meteorológicas que han sido revisadas —Guachochi y Norogachi—.

Todos los datos sirven para confirmar el comportamiento similar de las zonas altas de la Sierra Tarahumara.

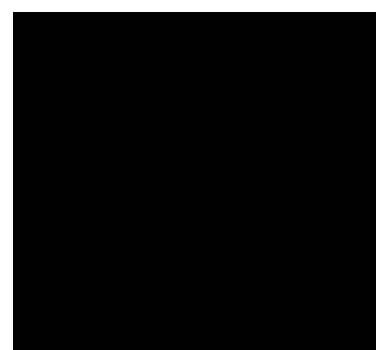
#### **4.1.2.3. Clasificación climática de Köppen-García**

Una vez contando con todos los datos climáticos de la estación meteorológica elegida de Bocoyna, se realiza la clasificación climática específica de dicha población.

Para ello, se utiliza el método conocido internacionalmente, diseñado por Köppen y adaptado con Enriqueta García para las condiciones climáticas de nuestra región, que consiste en asociar los datos de temperaturas medias con los de precipitaciones pluviales y, mediante una hoja de cálculo automatizada, obtener la clave precisa de clasificación climática Köppen-García.



**Tabla 5.** Bocoyna, temperaturas y precipitaciones mensuales.



**Figura 60.** Simbología.

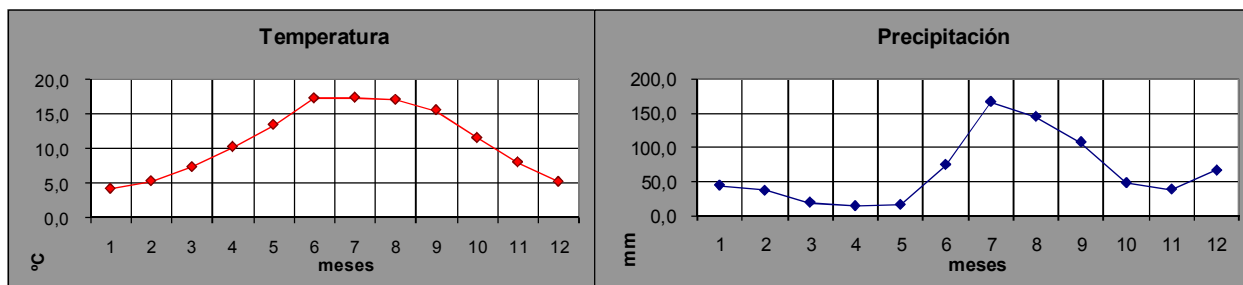


Figura 61. Bocoyna: temperaturas medias y precipitaciones mensuales.

Grupo climático	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
A	Cb''b'w2(x') (e)
C	
B	
E	
	Semifrío extremo no es tipo ganges no presenta canícula

Figura 62. Clasificación climática Köppen-García.

Cada una de las letras indica el tipo y subtipo climático, como se explica a continuación:

- Cb:** Semifrío.
- b:** Temperatura del mes más caluroso inferior a 22°C.
- w2 (x'):** Sub húmedo con régimen de precipitación de verano.
- e:** Extremoso.

A lo anterior, se añade que el clima no es de tipo “ganges”, lo que significa que las temperaturas más altas se dan después del solsticio de verano.

La indicación de “no presenta canícula”, refiere que el comportamiento de la precipitación pluvia está definido en una línea simple ascendente–descendente, sin ningún tipo de variación<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> La canícula refiere comportamientos de precipitación en los que hay ascensos y descensos durante un mismo periodo anual.

## **4.2. Análisis bioclimático. Acondicionamiento térmico**

El análisis bioclimático define las estrategias de diseño adecuadas para cualquier época del año y en cualquier clima o sitio geográfico. Son diversas las hojas de cálculo y las gráficas (cartas climáticas) con las que se cuenta para desarrollar estrategias de diseño concretas. Cada una de ellas cuenta con diagramas base, sobre los cuales se trazan los datos climáticos (temperatura, humedad relativa y oscilación, entre otros) y a partir de esto, plantean interpretaciones particulares de las que, a su vez, se infieren estrategias de diseño bioclimático específicas.

En las páginas siguientes, se presentan los diagramas bioclimáticos más conocidos; para todos se utilizan los datos climáticos referidos de Bocoyna y se van acotando las correspondientes observaciones y las tablas particulares de los períodos extremos (invierno y primavera).

- Diagramas bioclimáticos:
  - Cartas psicrométricas.
  - Cartas bioclimáticas.
  - Temperatura efectiva corregida.
  - Triángulos de confort.
  - Tablas de Mahoney.
  - Ciclos estacionales.
  - Matriz de climatización.

Cada una de las tablas y diagramas climáticos cuenta con las observaciones principales sobre cada uno de los períodos extremos de estudio y en ellas se aprecian los distintos enfoques sobre límites y zonas de confort, así como las interpretaciones sobre estrategias y formas de representación en general.

#### 4.2.1. Temperatura Efectiva corregida

Mediante las temperaturas medias de bulbo húmedo y bulbo seco, vaciadas sobre una retícula con distintas velocidades de viento, se determina la viabilidad de utilizar la ventilación natural como estrategia de climatización.

##### 4.2.1.1. Trazo anual completo

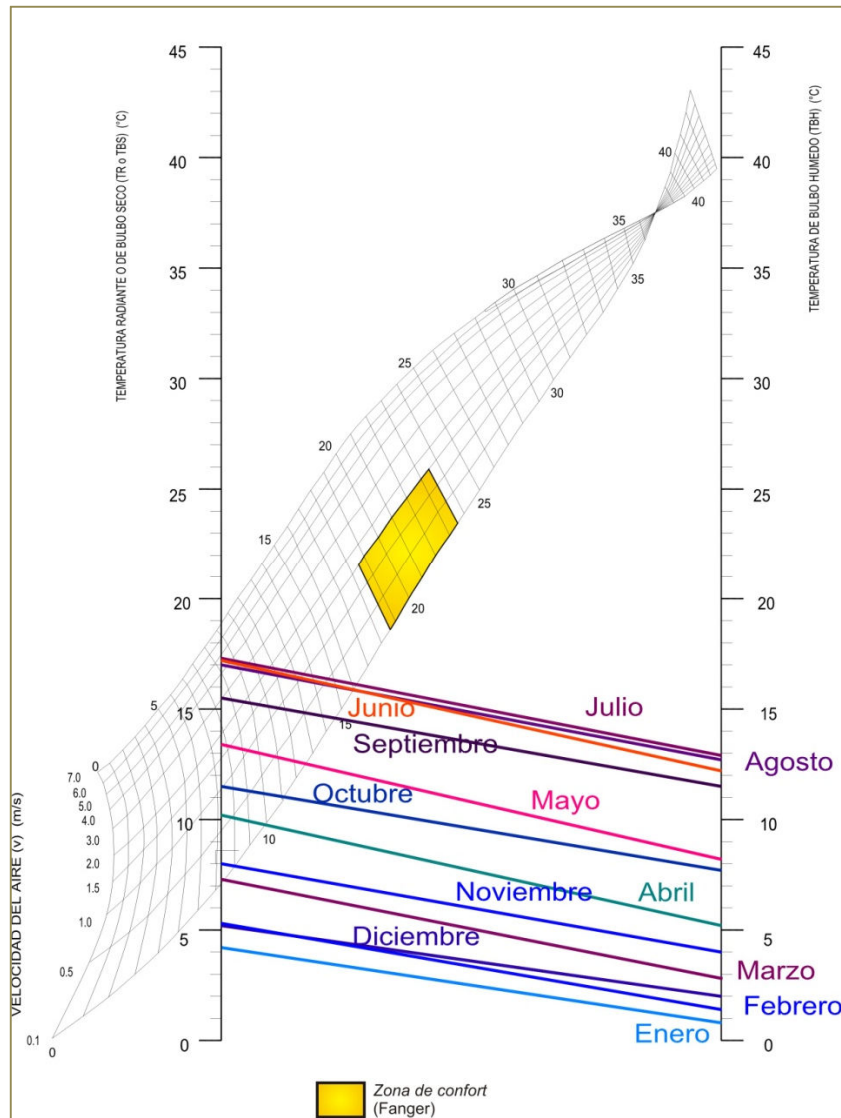
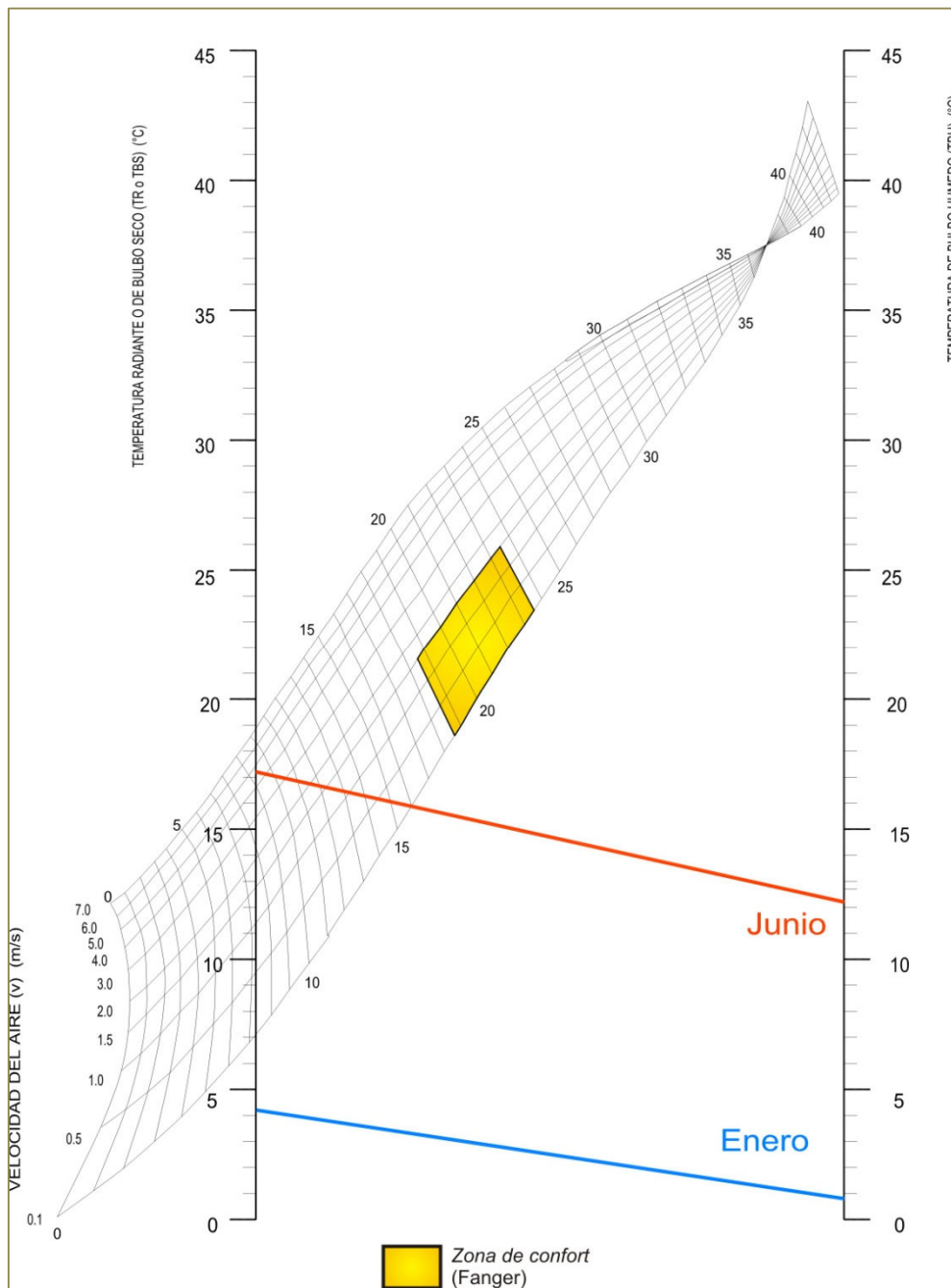


Figura 63. Diagrama Climático: Temperatura efectiva corregida mensual.

En la figura 63 se aprecia que la ventilación es innecesaria y, de hecho, debe restringirse en forma casi permanente durante todo el año.

#### 4.2.1.2. Trazo períodos extremos. Enero y junio



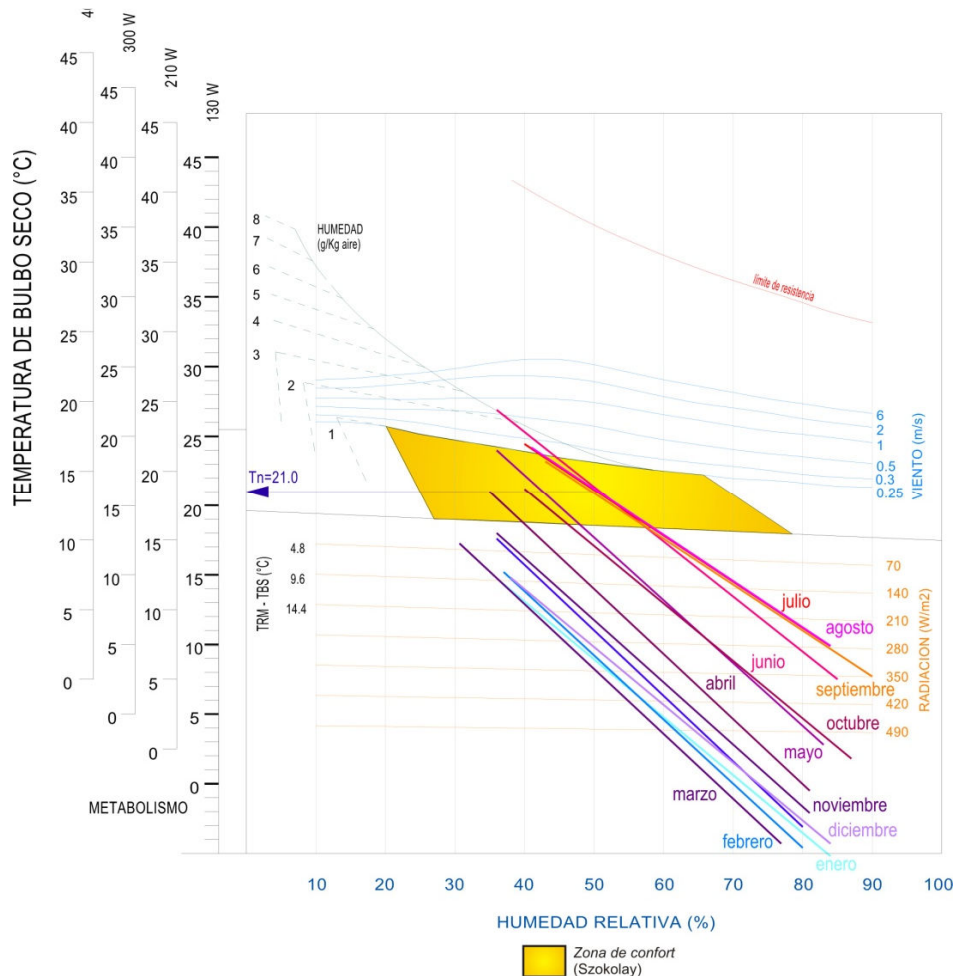
**Figura 64.** Diagrama Climático: Temperatura efectiva corregida, períodos extremos.

Se reitera que al tratarse de temperaturas tan bajas, la ventilación debe restringirse durante ambos períodos de temperaturas extremas, pues éstas se ubican siempre debajo del límite inferior de las zonas de confort.

#### 4.2.2. Carta Bioclimática de Olgyay

Utiliza datos mensuales combinados: temperatura máxima y humedad mínima, junto con temperatura mínima y humedad máxima. Las líneas resultantes se ubican en las distintas zonas de estrategias.

##### 4.2.2.1. Trazo anual completo (datos mensuales)



**Figura 65.** Diagrama Climático 1: Carta bioclimática de Olgyay adaptada por Szokolay.

En la figura 65, se aprecia que el comportamiento higrotérmico está por debajo del límite inferior de la zona de confort y la estrategia de climatización es la radiación solar, con excepción de algunos lapsos del mediodía de primavera y verano en las que, incluso en junio y julio, se rebasa el límite superior y la estrategia indicada es la ventilación natural.



#### 4.2.2.2. Trazo horario periodos extremos

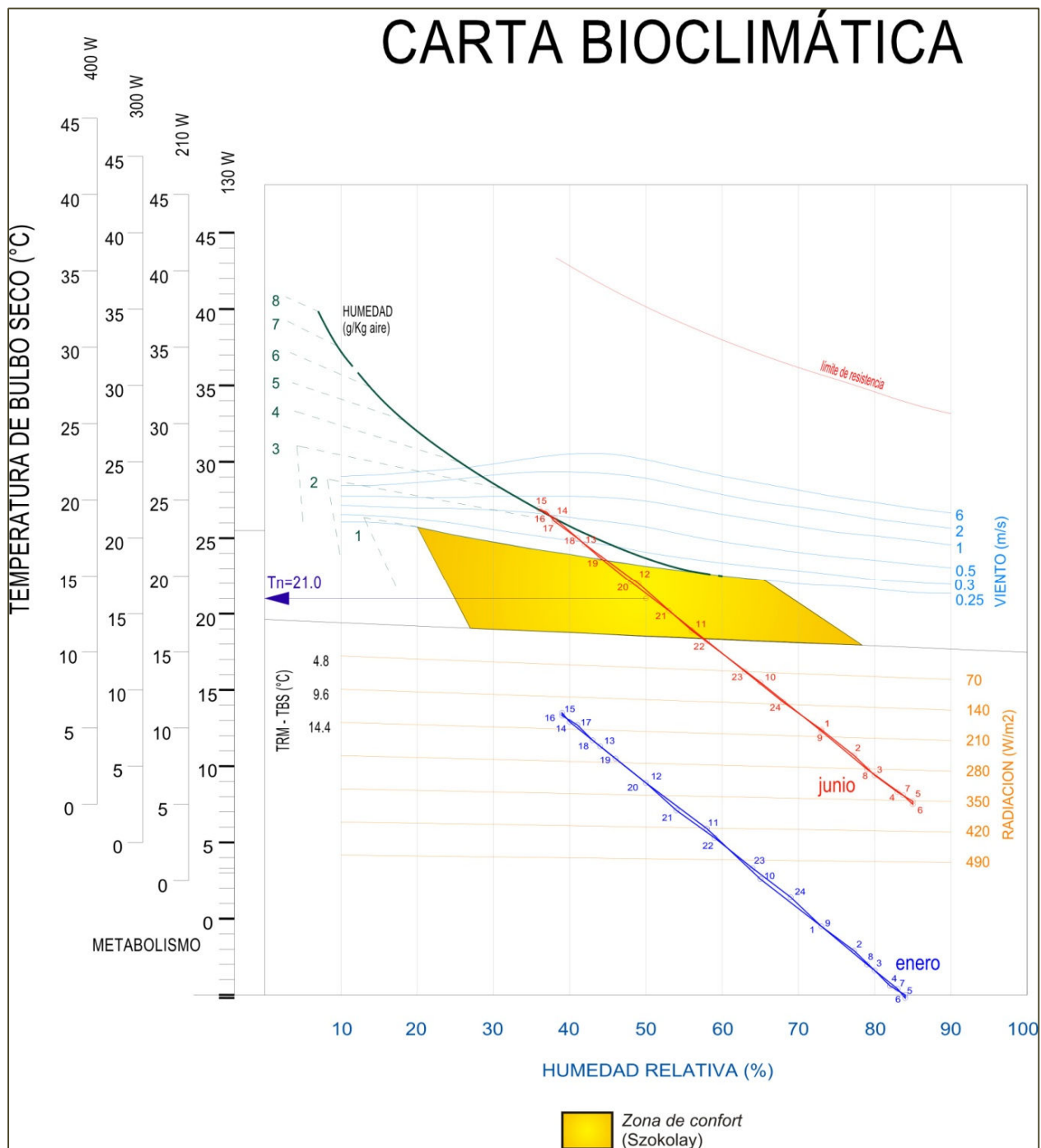


Figura 66. Carta bioclimática trazo horario de periodos extremos.

### 4.2.3. Triángulos de Evans

A través de la graficación de datos mensuales de oscilaciones térmicas, combinados con sus correspondientes de temperaturas medias, sobre una retícula en la que se indican las distintas estrategias de climatización.

#### 4.2.3.1. Estrategias

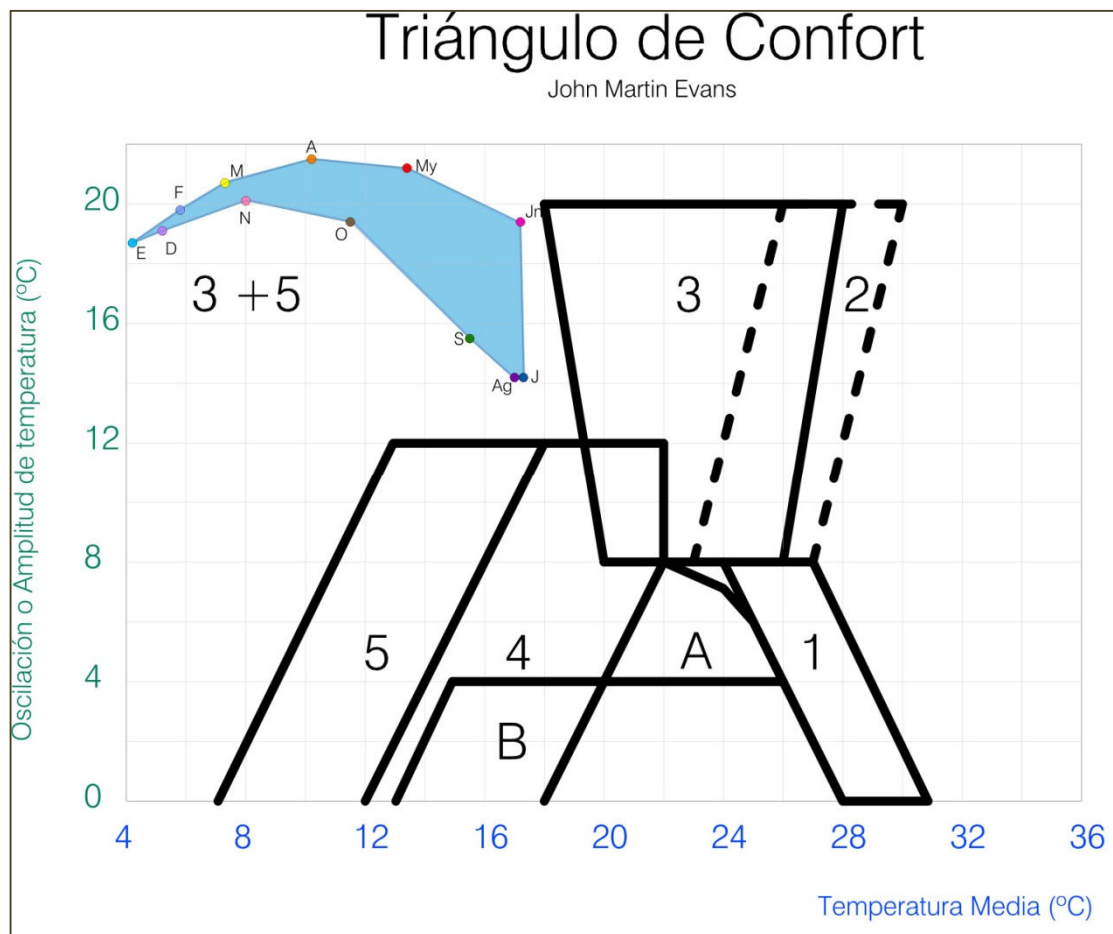


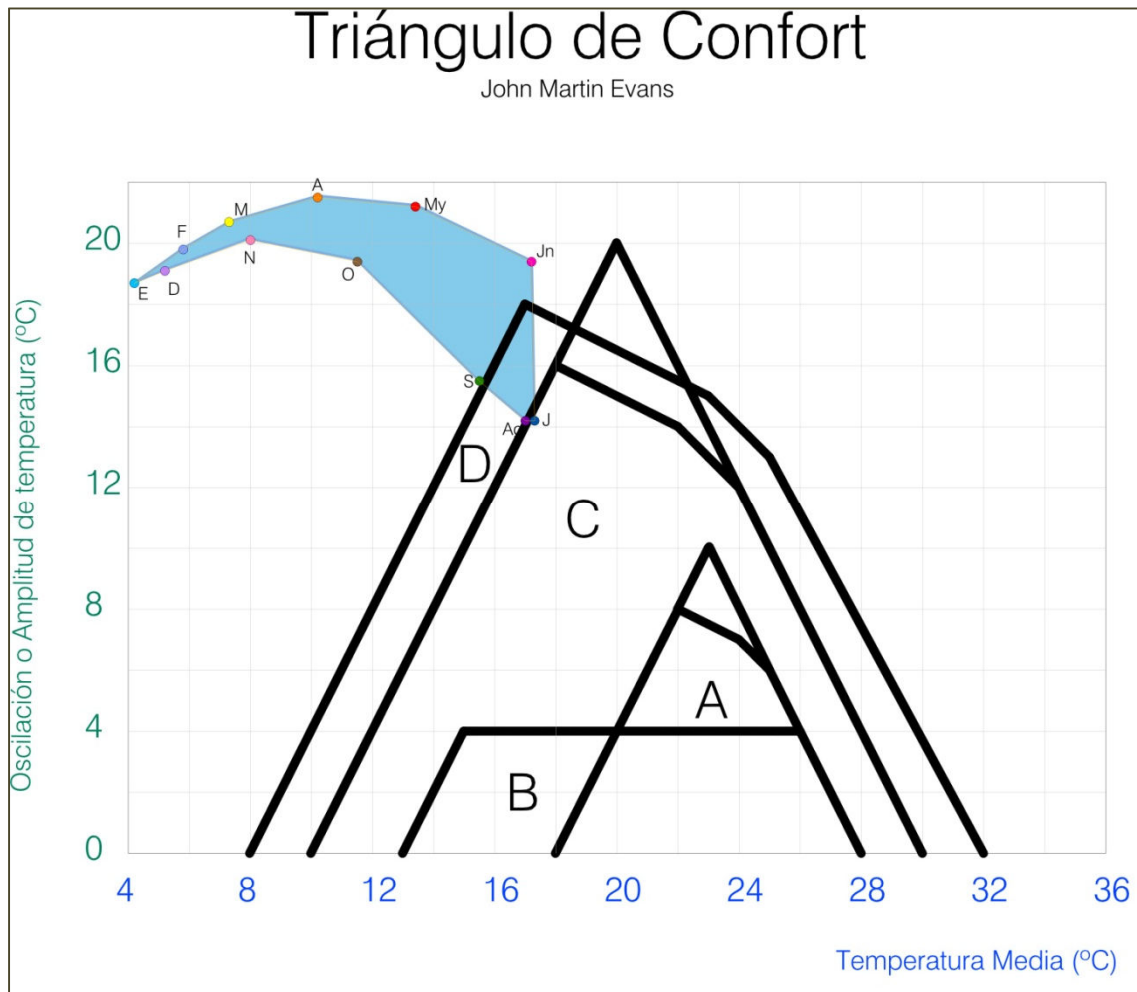
Figura 67. Diagrama Climático 2: Triángulos de Estrategias de Evans.

- 1 = Ventilación cruzada
- 2 = Ventilación selectiva
- 3 = Inercia térmica
- 4 = Ganancias internas
- 5 = Ganancias solares

De acuerdo con el triángulo de estrategias, las temperaturas registradas se ubican todo el año fuera de las zonas de confort, debido a las oscilaciones térmicas tan elevadas y continuas.

#### 4.2.3.2. Actividades

Mediante el mismo trazo de la gráfica anterior, se describen distintas actividades viables de realizar en espacios interiores o exteriores.



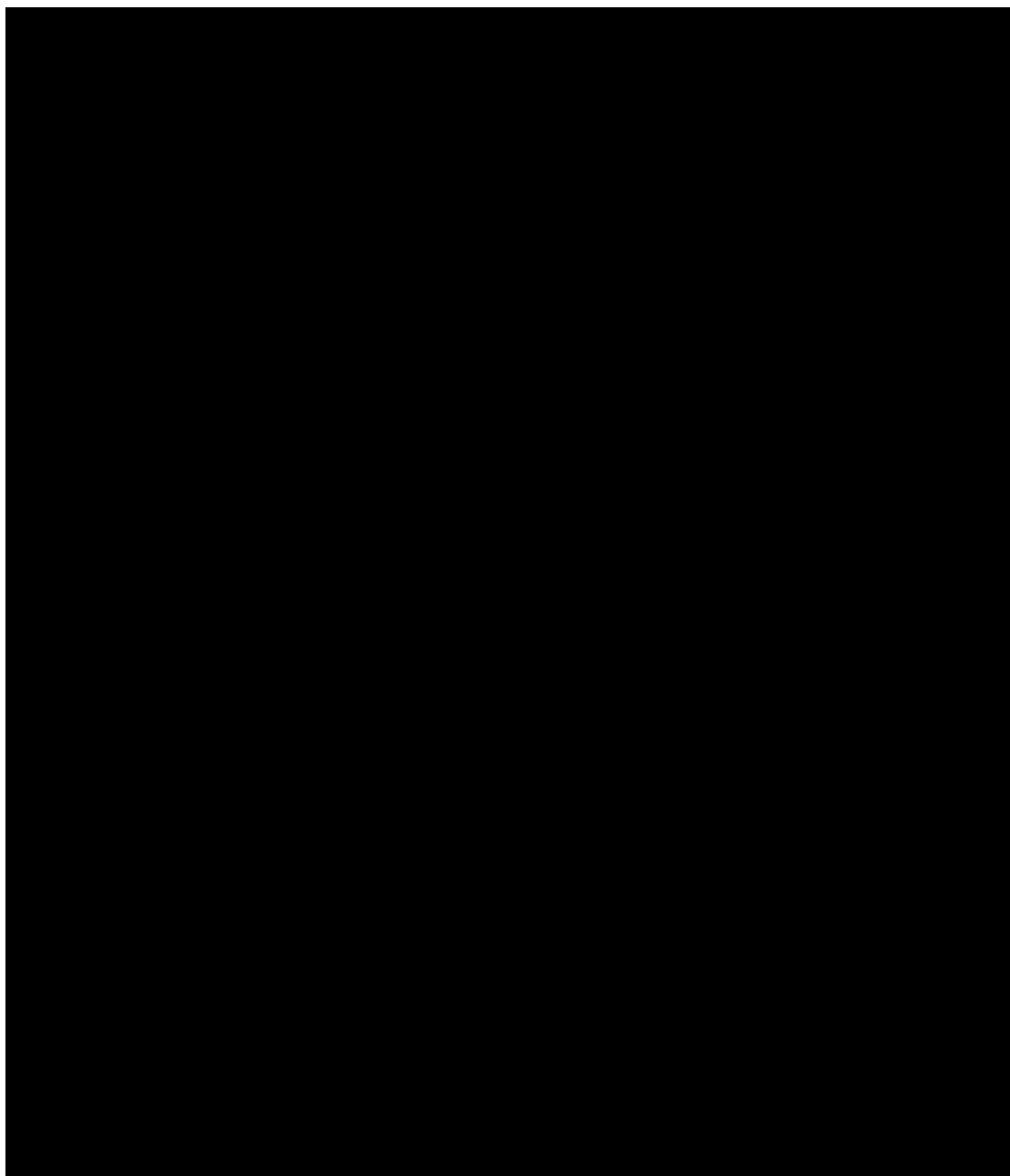
**Figura 68.** Diagrama Climático. Triángulos de Confort, zonas de actividades.

A = Actividad sedentaria  
B = Confort para dormir  
C = Circulación interior  
D = Circulación exterior

Tal como sucede con los triángulos de estrategias, las temperaturas extremas quedan fuera de las zonas referidas durante todo el año con excepción del verano, en el que pueden realizarse actividades exteriores de manera comfortable.

#### 4.2.4. Tablas de Mahoney

Herramienta de diseño bioclimático que, mediante su metodología definida, determina indicativos específicos de estrategias marcados en color naranja<sup>43</sup>.



**Figura 69.** Diagrama Climático. Indicadores y estrategias de Mahoney.

---

<sup>43</sup> En el disco compacto anexo se encuentra la hoja de cálculo completa en pdf.

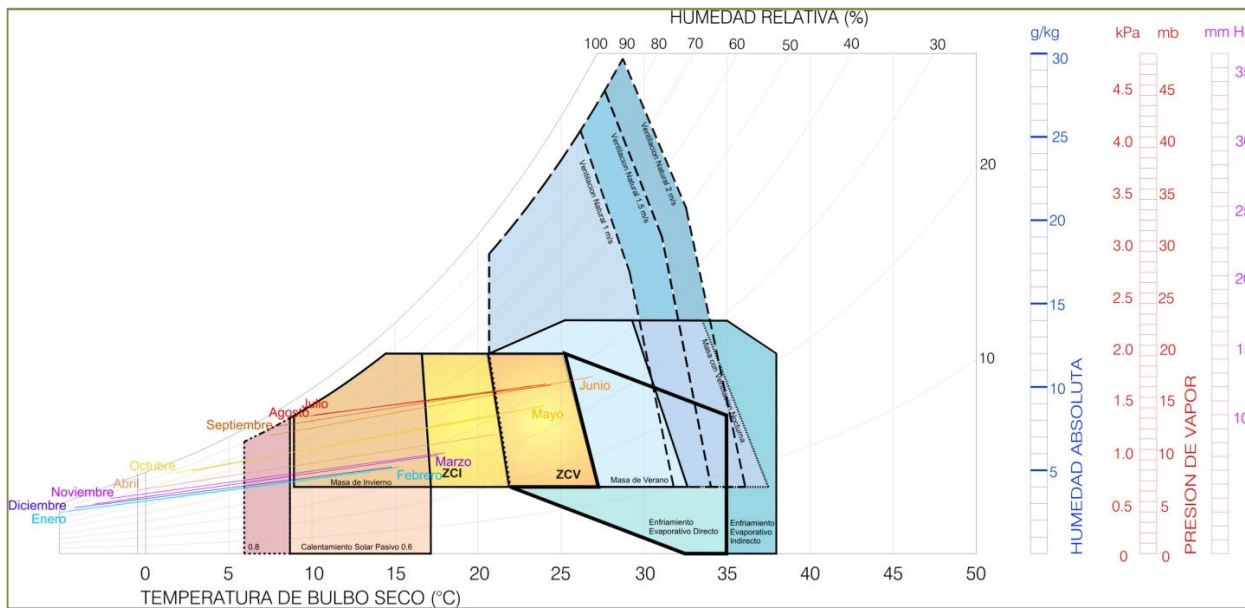


#### 4.2.5. Carta Psicrométrica de Steven Szokolay

Define una retícula trazada con datos de temperatura media, humedad relativa, altitud y presión atmosférica, seguidos de la delimitación (mediante una hoja de cálculo) de las zonas específicas de estrategias de climatización, en seguida se trazan los datos de temperatura máxima-humedad relativa mínima, en combinación con su correspondiente de temperatura mínima-humedad relativa máxima. Existen dos formas de llenar la carta psicrométrica: datos mensuales y datos horarios.

Mediante el trazo de los datos mensuales, se puede apreciar que durante los meses de otoño e invierno, gran parte del tiempo las temperaturas están por debajo del límite mínimo de masividad; desde octubre hasta abril, las estrategias de climatización pasivas son insuficientes y se requiere de algún sistema activo de calentamiento.

Durante los meses de primavera y verano, las temperaturas se ubican en zona de confort y de acondicionamiento pasivo.



**Figura 70.** Diagrama Climático. Carta psicrométrica de Szokolay. Datos mensuales.



#### 4.2.5.1. Datos mensuales general

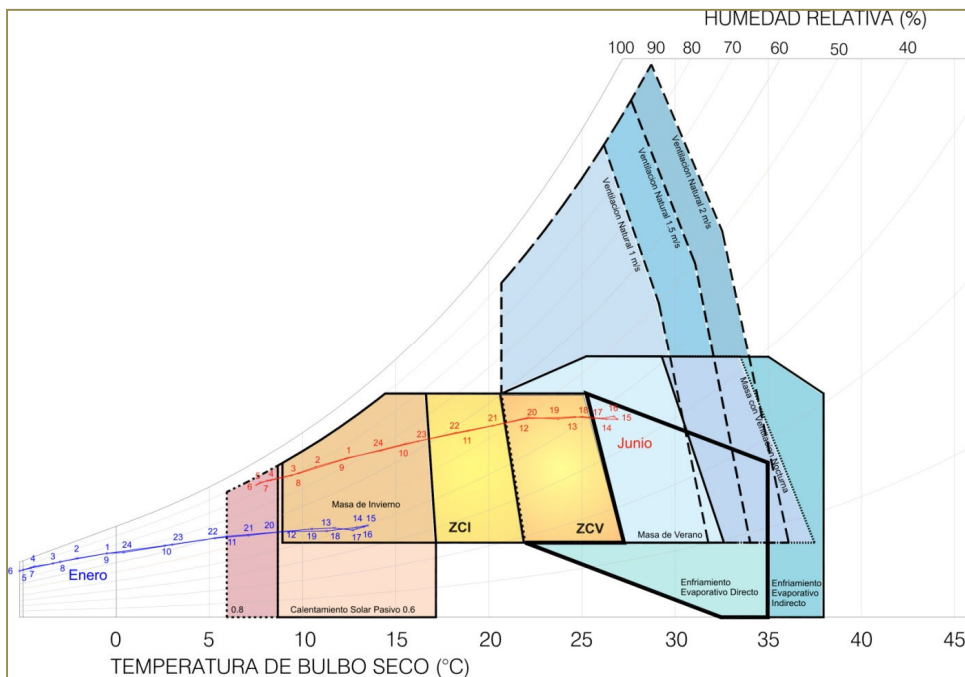
Indicados en color azul claro y rojo, se aprecian enero y junio respectivamente, que son los dos meses cuyos comportamientos son más extremos (más frío y más cálido),

Para revisar los datos en forma detallada, a continuación se presenta de nuevo la gráfica, aunque con el trazo basado en datos horarios.

Como se mencionó, en el diagrama climático de la figura 71 están graficados los períodos con comportamientos extremos, más frío y más cálido, que en lo sucesivo se denominarán bajo-calentamiento y sobrecalentamiento respectivamente.

Es interesante apreciar que mientras en la gráfica general, se aprecian las estrategias en forma global (recomendaciones generales), en la gráfica detallada, se infiere con precisión el rango de horarios para las distintas posibilidades y en su caso, los requerimientos de climatización activa.

#### 4.2.5.2. Datos horarios períodos extremos



**Figura 71.** Diagrama Climático. Carta Psicrométrica de Szokolay. Datos horarios períodos extremos.

**HOJA EN BLANCO CARA POSTERIOR SEGUNDA LAMINA PSICROMÉTRICA**

**HOJA EN BLANCO CARA ANTERIOR CICLOS ESTACIONALES**

#### 4.2.6. Ciclos estacionales

Diagrama que mediante codificación de colores e íconos, sintetiza los comportamientos climáticos y las estrategias bioclimáticas revisadas.

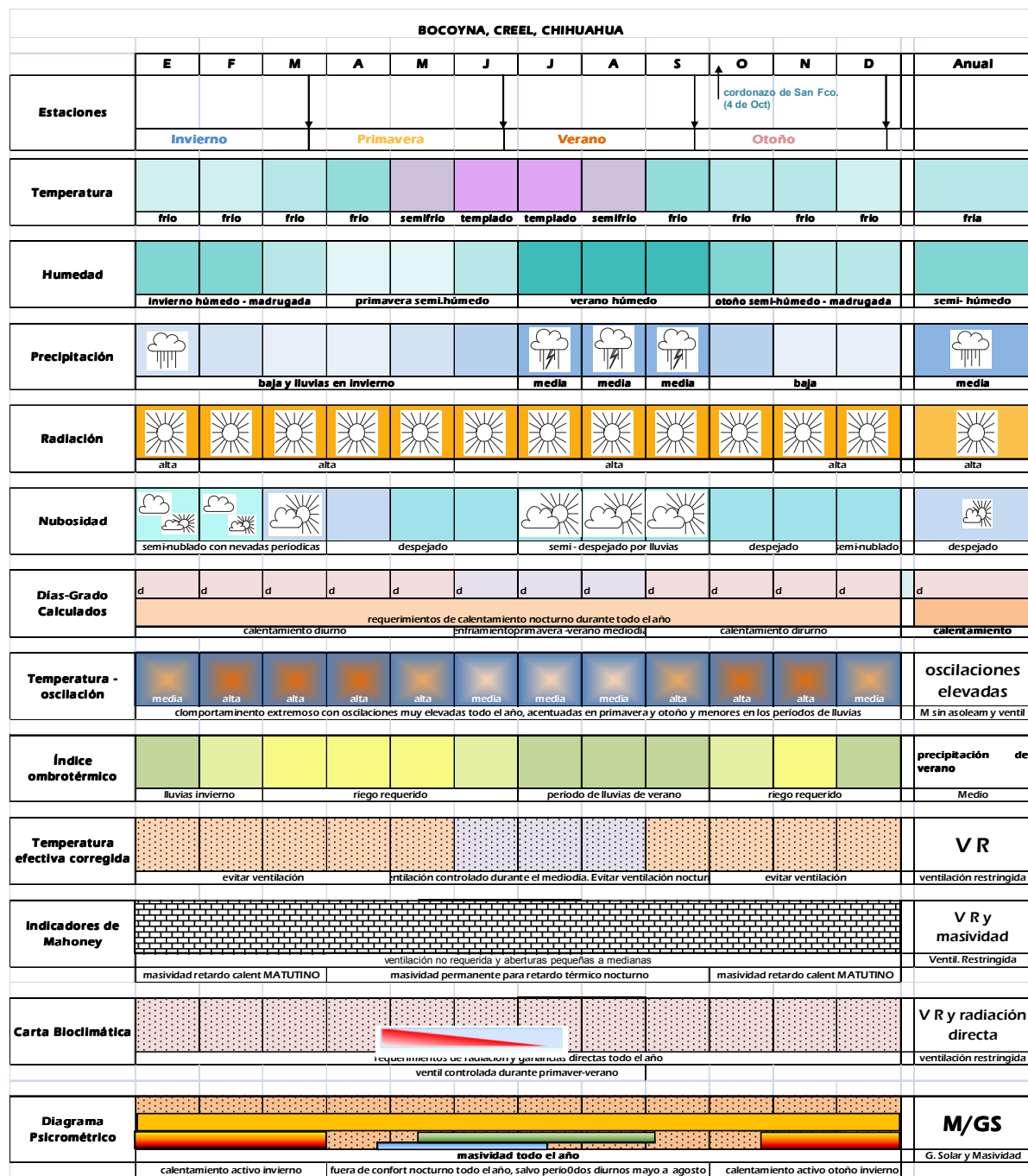


Figura 72. Diagrama Climático. Ciclos estacionales.

#### 4.2.7. Matriz de Climatización

MATRIZ DE CLIMATIZACION										CIUDAD: BOCOYNA, CREEL, CHIHUAHUA																		
CONDICIONANTE CLIMATICA										SISTEMAS PASIVOS		ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTONICO												CLIMA: SEMI-FRÍO LATITUD: 27,45° LONGITUD: 107,38° ALTITUD: 2 300 msnm				
												INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	ELEMENTOS REGULADORES												
CALIDO SECO	CALIDO	CALIDO HUMEDO	TEMPLADO SECO	TEMPLADO	TEMPLADO HUMEDO	SEMI-FRÍO SECO	SEMI-FRÍO	SEMI-FRÍO HUMEDO	ESTRATEGIAS	DIRECTO - INDIRECTO	DIAGRAMA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE					
							●	●	C	D	RADIACION SOLAR DIRECTA	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●	ganancia solar directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.		
							●	●			GANANCIAS INTERNAS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	lámparas, personas, equipos, chimeneas, etc.
							●	●			RADIACION SOLAR INDIRECTA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	inercia térmica, radiación reflejada, sistemas aislados, etc.
							●	●			PROTECCION DEL VIENTO	●	●	●	●	●	●					●	●	●	●	●	●	elementos arquitectónicos y vegetación posible ventilación diurna en +/- confort
								●	I	D	CONDENSACION DE AGUA															invernaderos húmedos y con vegetación, etc. estrategia meses +/- confort (secos - H-R: baja)		
											AISLAMIENTO DE CALOR	●	●	●	●	●						●	●	●	●	●	cubierta exterior aislante y para desalojo pluvial y techo interior con relleno de tierra (masividad)	
											VENTILACION NATURAL								●	●	●						ventilación controlada diurna (medi día) ventilación restringida nocturna	

Figura 73. Diagrama climático: Matriz de climatización.




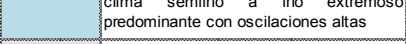
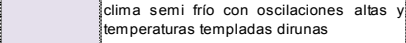
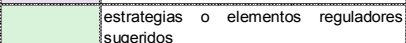
SIMBOLOGÍA		
	elemento regulador indispensable permanente	
	elemento regulador indispensable con atención continua*	
	elemento regulador en periodos parciales	
	clima semifrío a frío extremo predominante con oscilaciones altas	
	clima semi frío con oscilaciones altas y temperaturas templadas diurnas	
	estrategias o elementos reguladores sugeridos	

Figura 74. Simbología.

En la matriz de climatización, queda claramente definido que se trata de un clima frío cuyos requerimientos, durante todo el año, son ganancias directas con excepción de algunos horarios del mediodía del período de transición primavera-verano (junio-julio), en los que puede utilizarse la ventilación natural.

La indicación de color naranja especificada como regulador con atención continua, significa que es una estrategia necesaria durante todo el año, aunque debe ser controlada para no propiciar problemas de sobre-calentamiento.

**HOJA EN BLANCO CARA POSTERIOR MATRIZ DE CLIMA**



### **4.3. La vivienda *Rarámuri***

#### **4.3.1. Utilización del espacio interior**

Tal como se ha podido revisar en los apartados anteriores del presente capítulo, la Sierra Tarahumara cuenta con dos zonas de climas extremos (frío y cálido) para los cuales sus habitantes han ido desarrollando una capacidad de adaptación y aclimatación natural.

En el caso de las regiones estudiadas (Alta Tarahumara), los *rarámuris* (sus principales pobladores) han adquirido una especial resistencia a las temperaturas extremas del invierno, pues aún en períodos muy fríos, es conocido el hecho de que permanecen lapsos prolongados fuera de sus viviendas.

Con base en lo anterior, y aunada esta forma de vida simple, puede inferirse que la conformación de sus viviendas obedece básicamente a dos actividades primordiales que son dormir y alimentarse, esta segunda, traducida en espacios para preparación y cocción de alimentos.

En síntesis, los espacios habitables generados tradicionalmente por los *rarámuris* evidencian una concepción de la vida de austeridad y simplicidad acerca del uso de espacios interiores. Las viviendas de los *rarámuris* consisten básicamente en construcciones sencillas que son usadas como dormitorio-cocina y, en algunos casos, durante el verano suelen pasar la noche en espacios contiguos semi-abiertos.

Finalmente, vale aquí agregar que existen evidencias de que los *rarámuris* dan a sus espacios habitables de vivienda un sentido filosófico, que si bien no es el prioritario, bajo determinadas circunstancias sí llega a serlo, pues hemos podido encontrar un número importante de viviendas abandonadas, aparentemente por razones sentimentales o existenciales, que pueden permanecer sin expectativas de volver a ser habitadas.

#### 4.3.2. Configuración del espacio arquitectónico

Al margen de la descripción conceptual anterior de la vivienda, como espacio de vida de los *rarámuris*, a continuación se inicia su estudio con un sentido técnico y, con el objeto de la citada clasificación, de acuerdo con las combinaciones de formas, materiales y técnicas que se han podido documentar. Se agrega para cada clasificación una tabla sintetizada con imágenes y datos principales.

#### 4.3.3. Tipologías, análisis descriptivo y clasificación

La vivienda de los *rarámuri*, consiste en un bloque rectangular de aproximadamente 3 x 5 m, ya sea de un solo espacio interior o dividido en dos habitaciones comunicadas interiormente. En ambos casos se trata, como ya se mencionó, de un espacio dormitorio y otro para cocinar y comer.

En el caso de la cocina, casi siempre se trata un espacio en el que al centro de la habitación (en uno de los dos sentidos), se encuentra un calentón de fierro que sirve para cocinar y al mismo tiempo se convierte en el sistema activo de calentamiento, que durante el invierno climatiza el espacio interior; regularmente en las noches, una vez terminado el último proceso de cocción, se deja consumir la última leña como parte de dicha climatización.

##### 4.3.3.1. Vivienda de una sola habitación

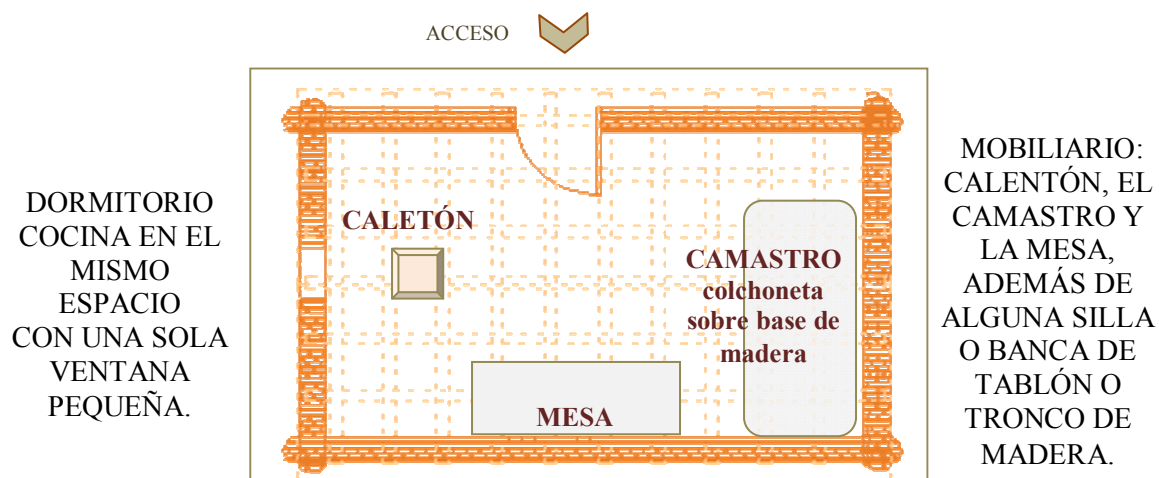


Figura 75. Vivienda de un solo espacio interior.

#### 4.3.3.2. Vivienda dividida interiormente en dos espacios



Figura 76. Vivienda de dos habitaciones.

Además de los dos casos anteriores, se encuentran con frecuencia viviendas que cuentan con un espacio accesorio anexo (techado, aunque sin muros perimetrales) que es utilizado como dormitorio de primavera o verano, durante las noches calurosas. Recientemente, en esta pequeña habitación contigua, se han estado construyendo estufas “lorenas”<sup>44</sup>, que son utilizadas igualmente en períodos de calor, con lo cual deja de usarse el caletón y se evita el sobrecalentamiento de la vivienda principal.

#### 4.3.3.3. Vivienda de una o dos habitaciones con anexo adosado

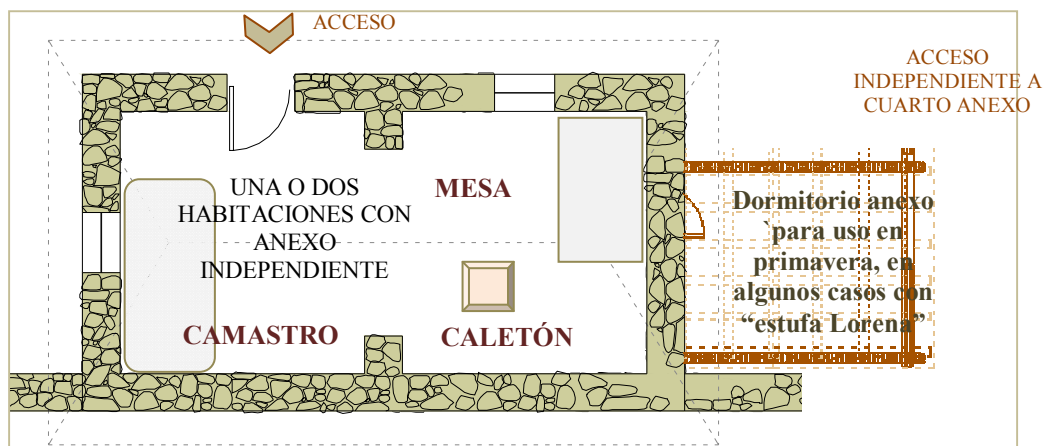
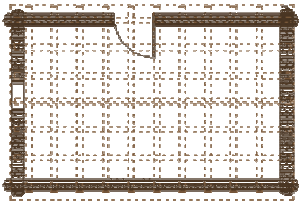

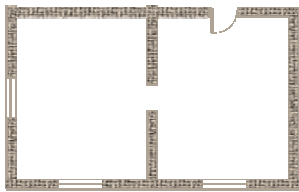

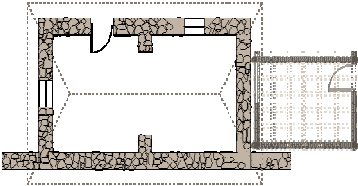



Figura 77. Vivienda con habitación accesorio anexo.

<sup>44</sup> Recientemente se han instalado varias de estas estufas, que no son precisamente “lorenas”, pero los *rarámuris* así las conocen pues como tales se las mencionan.

#### 4.3.4. Tablas sintetizadas

CONFIGURACIÓN			
EXTERIORES	MATERIAL	IMAGEN	DETALLE
<b>UNA HABITACIÓN</b>	Una habitación sin divisiones interiores		
<b>DOS HABITACIONES</b>	Dos habitaciones comunicadas interiormente, sin puerta		
<b>VIVIENDA ESPACIO ACCESORIO</b>	Una o dos habitaciones interiores, con espacio accesorio exterior		

**Figura 78.** Tabla sintetizada: Configuraciones en planta.

Es importante acotar que sólo en contados casos, se cuenta con un espacio sanitario integrado a la vivienda y se trata de un cuarto muy pequeño independiente y separado de ella, mismo que suele ubicarse junto a corrales aboneros movibles en los que crían animales<sup>45</sup>. En cuanto a la “regadera”, en el verano se asean en los ríos y durante el invierno se bañan en los interiores de sus habitaciones (dormitorios), las cuales siempre cuentan con pisos de tierra que sirven de resumideros naturales al agua utilizada.

Al margen de los usos y costumbres de los *rarámuris*, es indudable que una de las principales causas de estas formas de concebir sus espacios sanitarios, está relacionada con la escasez de recursos económicos.

<sup>45</sup>. En las viviendas más antiguas, no se encontró ningún caso con el baño adosado directamente al cuerpo principal.

#### 4.3.5. Clasificaciones formales.

Hasta aquí, se ha podido apreciar de manera general la variedad de elementos formales hallados acerca de la vivienda de los *rarámuri*.

A continuación, se presenta la “primera clasificación de tipologías de vivienda *rarámuri* de la Alta Tarahumara”<sup>46</sup>, realizada con base en las diversas combinaciones que entre los materiales se dan, y de acuerdo con sus elementos constructivos: cubiertas, techos y muros.

Es muy importante acotar que se ha utilizado el material fotográfico obtenido durante el proceso de la investigación y es lógico que al tratarse de un universo muestral limitado, es susceptible de ser perfeccionado y ampliado en lo subsecuente.

#### 4.3.6. Procedimientos constructivos

Es conocido el hecho de que los *rarámuri* han construido tradicionalmente sus viviendas con los materiales que tienen a la mano, de lo cual se infieren de inicio consideraciones de sustentabilidad, al menos en lo relacionado con los recursos utilizados.

Se ha podido también apreciar que los materiales más empleados son la piedra, el adobe y la madera, y sobre ellos hay una variedad importante de procedimientos constructivos que han venido cambiando de acuerdo con la evolución de las herramientas de corte (industrialización) y, sobre todo en el caso de la madera (muros, techos y o cubiertas), es evidente la transformación entre las técnicas más antiguas (trozos de madera sumamente robustos) y las más recientes (madera laminada). Lo destacable, en cualquier caso, es que varios elementos se han preservado, sobre todo en los poblados más pequeños; ciertamente en las poblaciones más grandes la influencia de los *chabochis* ha generado la pérdida de esta identidad aunque, sin lugar a dudas, en forma menos drástica si la comparamos con cualquier otra región del país.

---

<sup>46</sup> En la bibliografía revisada no se encontraron clasificaciones previas a esta “primera clasificación de tipologías de vivienda *rarámuri* de la Alta Tarahumara”, por lo que la investigación queda abierta a subsecuentes observaciones o acotaciones y, desde luego, a nuevos trabajos más exhaustivos y detallados sobre la Alta Tarahumara.

Habiendo abordado ya, de manera general, los componentes constructivos de la vivienda —muros y cubiertas— en cuanto a su estructuración y soluciones constructivas, en seguida se realizarán los análisis particulares mediante tablas sintetizadas con imágenes explicativas y textos resumidos para cada caso.

#### 4.3.7. Cubiertas

##### 4.3.7.1. Materiales: Doble techumbre —Cubierta y techo (torta)—

Como ya se mencionó, la doble techumbre es posiblemente el elemento más característico de la vivienda hallada en la Alta Tarahumara; son varias las formas en que se ha podido encontrar con combinaciones y espesores que ameritan, sin duda, un estudio más minucioso; no obstante, se ha realizado una síntesis que agrupa las tipologías halladas.

En el bloque siguiente (figura 79), se aprecian dos vistas (una general y otra detallada) que ejemplifican el sistema constructivo.



**Figura 79.** Bloque fotográfico Papajichi: viviendas con doble cubierta (techo interior y cubierta exterior).

Tanto para las cubiertas como para elementos verticales (muros), en las páginas siguientes se presentan tablas sintetizadas (figuras 80 a 83) con fotografías (dos para cada caso) y una descripción breve de los elementos más importantes de cada ejemplo distinto.



#### 4.3.7.2. Materiales en cubiertas

CUBIERTAS EXTERIORES	MATERIAL	IMAGEN GRAL.	DETALLE
<b>MADERA</b>			
<b>CANOA</b>	Madera trabajada en tramos completos superficie de una sola inclinación.		
<b>TIRA</b>	Madera en tira longitudinal sobre estructura de madera dos, tres o cuatro superficies		
<b>TABLETA</b>	Madera en tiras más cortas colocadas en forma de teja una, dos o cuatro inclinaciones		
<b>TECHOS INTERIORES</b>			
<b>TABLON SENCILLO</b>	Tablón grueso en un solo sentido		
<b>TABLA DOBLE</b>	Tabla en dos camas, perpendiculares una de la otra		
<b>TRONCO Y TABLA</b>	Tablón con troncos y relleno "torta" de tierra		
<b>TRONCO Y TABLA DOBLE</b>	Tablón grueso doble con troncos y relleno "torta" de tierra		

**Figura 80.** Tabla sintetizada: Materiales: cubiertas exteriores y techos interiores.

#### 4.3.8. Muros

De la misma manera que en el caso de las cubiertas, existen distintas tipologías de muros de acuerdo con los materiales empleados —piedra, madera y adobe—.

Con base en la variedad de formas y usos de la madera, se generan tipologías que destacan sobre los otros dos materiales.

De manera general, los muros se clasifican de la siguiente manera:

- Troncos redondos machimbrados<sup>47</sup>.
- Tablones gruesos machimbrados.
- Tablas gruesas sencillas.
- Tablas delgadas dobles.

Todos estos se trabajan actualmente dependiendo de los recursos con los que se cuenta. De acuerdo a la investigación de campo, las viviendas más antiguas se hacían con bloques mucho más robustos dada la imposibilidad de laminarlos o cortarlos; el costo actual y el control sobre la tala de los bosques, determinan que hoy se utilice la tabla doble traslapada como la opción más económica, aunque es la alternativa menos favorable para el comportamiento térmico, durante los períodos de frío extremo.

En cuanto a la piedra y el adobe, se emplean en formas menos variadas; la primera, se utiliza sobrepuesta o amalgamada y el segundo (en casi todos los casos) en la forma tradicional de bloques, aunque ocasionalmente se le encontró en forma de tapial o en bloques irregulares.

En las páginas siguientes se presentan tablas correspondientes a cada material, con sus respectivas imágenes y datos explicativos de cada tipología. Se agrega además una tabla sintetizada de materiales y sus propiedades térmicas más importantes.

Es importante revisar los distintos valores térmicos de conductividad ( $\lambda$ ) y calor específico ( $C_p$ ), ya que se citan en los apartados de mediciones de temperaturas (capítulos VI y VII).

---


<sup>47</sup> Aunque el término utilizado es *machimbrados*, la Real Academia de la Lengua Española (RAE) indica que debe ser amachimbrado.

#### 4.3.8.1. Valores de conductividad térmica de materiales<sup>48</sup>

	Densidad	Conductividad Térmica	Calor Específico
	$\rho$	$\lambda$	$C_p$
	<b>Kg/m³</b>	<b>W/mK</b>	<b>J/KgK</b>
MADERA DE PINO	640	0,148	2512
MADERA PESADA	700	0,200	1250
ADOBE	2000	0,850	900
PIEDRA	2250	1,860	712

**Tabla 6.** Valores de conductividad térmica y calor específico de madera, adobe y piedra.

#### 4.3.8.2. Materiales en muros "A"

MUROS			
PIEDRA	OBSERVACIONES	IMAGEN GRAL.	DETALLE
<b>ASENTADA SIN TIERRA</b>	Piedra sobrepuesta en bloques irregulares y en trozos no trabajados previamente		
<b>ASENTADO Y PEGADA CON TIERRA</b>	Bloques de piedra más regulares asentados con tierra o mortero		
<b>CAVERNA</b>			
<b>CUEVA NATURAL</b>	Cuevas utilizadas en forma natural en barrancas		
<b>CUEVAS CERRADAS<sup>49</sup></b>	Cuevas cerradas cerca de poblados y rancherías		

**Figura 81.** Tabla sintetizada: Muros de piedra y madera.

<sup>48</sup> Datos obtenidos de *Selección de materiales en la Concepción Arquitectónica Bioclimática* (González, 2003).

<sup>49</sup> Las cuevas más accesibles se encuentran cerca de los poblados más grandes y están privatizadas.



#### 4.3.8.3. Materiales en muros “B”

MUROS			
ADOBE	OBSERVACIONES	IMAGEN GRAL.	DETALLE
<b>ASENTADA SIN TIERRA</b>	Bloques regulares de espesores homogéneos		
<b>AGLUTINADA EN BLOQUES IRREGULARES</b>	Adobe amalgamado en bloques más gruesos (casas más antiguas)		
MADERA			
<b>TRONCO REDONDO MACHIMBRADO</b>	Troncos redondos regulares con uniones perfectamente bien cerradas		
<b>TABLON GRUESO MACHIMBRADO</b>	Tablón grueso rectangular de 3" de espesor por 25 cm. de ancho.		
<b>TRONCO Y RELLENO DE TIERRA</b>	Troncos redondos más irregulares rellenos con mortero o tierra		
<b>TABLA DOBLE LAMINADA</b>	Tabla laminada de 1.5" a 2" de espesor en dos capas traslapadas		

Figura 82. Tabla sintetizada. Materiales en muros “B”.

#### 4.3.9. Tipologías. Cubiertas exteriores

La siguiente es la última tabla sintetizada que se presenta y se refiere a las tipologías exteriores de las cubiertas. Se presentan distintos tipos, agrupados en dos y cuatro aguas, tal como se expone a continuación:

<b>CUBIERTAS<sup>50</sup></b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>FOTOGRAFÍA</b>	<b>DETALLE</b>
<b>EXTERIORES</b>			
<b>DOS AGUAS CON CUMBRERA</b>	Madera laminada en tramos completos, o con tableta.		
<b>DOS AGUAS TRASLAPADAS</b>	Madera en tablón tipo canoa		
<b>CUBIERTAS FRACCIONADAS PARA CHIMENEA<sup>51</sup></b>	Madera de tablón tipo canoa		
<b>UNA SOLA INCLINACIÓN</b>	Madera en tablón tipo canoa		
<b>CUATRO AGUAS EN PLANTA CUADRADA</b>	Madera en tabletas tipo teja		
<b>CUATRO AGUAS EN PLANTA RECTANGULAR</b>	Madera en tabletas tipo teja		

**Figura 83.** Tabla sintetizada: Cubiertas exteriores.

<sup>50</sup> Las cubiertas construidas con tablón grueso tipo canoa y la tabla delgada tipo duela, son por lo general de una o dos aguas; en las viviendas recientes de cuatro aguas, se utiliza la tableta pequeña tipo teja, mucho más manejable.

<sup>51</sup> Este tipo de cubiertas es característico de las viviendas más antiguas de piedra y madera “canoas”.

#### 4.3.10. Elementos accesorios de la vivienda

Además de las clasificaciones tipológicas de la vivienda, como apartado final del presente capítulo se presentan algunas fotografías de los elementos accesorios que han podido encontrarse en repetidas ocasiones, por lo que deben considerarse como parte de la vivienda, aunque se trate de elementos que se ubican completamente independientes al cuerpo principal de la misma.



**Figura 84.** Letrina y corral “abonero” en vivienda ADOBE<sup>52</sup>.



**Figura 85.** Vivienda en Siquirichi. Usos distintos, diseño casi idéntico<sup>53</sup>.

El espacio indicado como vivienda es el dormitorio (figura 85). No se pudo determinar si las diferentes inclinaciones de las cubiertas exteriores son arbitrarias.

<sup>52</sup> Corrales que una vez llenos de abono, se trasladan para recoger todo el producto (ya seco).

<sup>53</sup> Es habitual encontrar los mismos procedimientos constructivos en distintas escalas, según la utilización del espacio.





**Figura 86.** Área de guardado inter-cubiertas en casa ADOBE<sup>54</sup>.



**Figura 87.** Gallinero elevado.



**Figura 88.** Elementos divisorios (bardas)<sup>55</sup>.

<sup>54</sup> Este espacio se utiliza indistintamente (abierto o cerrado) como bodega o granero.

#### 4.4. Comentarios finales

- Uno de los principales problemas encontrados es que las construcciones más antiguas, que *ipso facto* refieren los procedimientos y métodos tradicionales, se encuentran en muy mal estado.
- El manejo de vanos macizos, en la mayor parte de los casos, el porcentaje de vanos fue el adecuado a las condiciones climáticas extremosas (porcentaje de vanos de aproximadamente 15%).
- Es posible que las ventanas y puertas tan pequeñas sean una reminiscencia de las que solían utilizar los habitantes de las zonas bajas del norte de Chihuahua (Paquimé)<sup>56</sup>.
- Las cubiertas de cuatro aguas en las casas recientes ya cuentan con influencias de arquitectura más convencional, aunque mantienen el concepto de la doble cubierta.
- Podemos considerar que la cubierta de una sola agua es la más antigua y corresponde a las cubiertas tipo canoa.
- Las casas de dos aguas tienen un espacio que, en la mayor parte de los casos, queda libre y se utiliza como guardado descubierto.
- Si consideramos que hay al menos cinco tipos de muros y cinco de cubiertas, tenemos por lo menos veinticinco combinaciones posibles de materiales, las cuales se van encontrando a lo largo de toda la Alta Tarahumara.
- Los poblados pequeños preservan mejor los elementos formales y constructivos de su vivienda tradicional que las poblaciones más habitadas; no obstante, su naturaleza hermética favorece la conservación de dichos elementos.

## 5. CAPITULO V

---

<sup>55</sup> Delimitación de parcela (camino Guachochi hacia Norogachi).

<sup>56</sup> Testimonio obtenido en una entrevista al profesor de primaria Juan Cano en Cusárare (junio 2010).

## **5.1. Planteamiento general**

Hasta aquí se han revisado los factores y elementos climáticos de la Alta Tarahumara y el conjunto de variables que determinan los ciclos estacionales y su incidencia en las condiciones de habitabilidad de los espacios interiores. Se ha realizado también la caracterización de la vivienda tradicional (sus sistemas constructivos y materiales), con la que se han podido inferir algunos problemas derivados de la forma en que los *rarámuris* habitan sus casas.

En este punto, y aunado a lo anterior, las mediciones se convierten en el tercer elemento fundamental de la investigación: temperatura, humedad, radiación y viento, entre otros, actuando en conjunto con las envolventes arquitectónicas específicas, generan distintas condiciones térmicas en los espacios interiores.

Es posible que para un especialista en la materia, los problemas sean detectables a simple vista; sin embargo, es indispensable darle sustento a las sugerencias que en su caso surjan y para esto, como parte principal de la investigación, se realizaron las mediciones de algunos de los elementos del clima (principalmente la temperatura exterior), y se analizaron simultáneamente con datos medidos los espacios interiores.

Están definidas las combinaciones y es necesario valorar las diferencias cualitativas y cuantitativas (ventajas y desventajas) que se presentan entre ellas (análisis individuales y agrupados), mismas que se traducirán en conclusiones y propuestas finales que serán también la base de los futuros trabajos que quedarán pendientes a partir de la presente investigación.

En síntesis, en el presente capítulo se plantearán los elementos que definen las propias mediciones; monitoreo de datos exteriores e interiores, en relación con las envolventes y sus respectivas variantes ya revisadas. El adobe, la piedra, la madera son los materiales con los que está construida la totalidad de las viviendas, sin embargo los procesos constructivos distintos, las combinaciones, los tipos de materiales, las edades de ellos, presentan una gran diversidad de combinaciones; es por eso que se han de realizar mediciones de dos o tres tipologías distintas sobre el mismo material básico.

A continuación, se plantean los componentes que integran el apartado de mediciones: los criterios que se han utilizado en la elección del sitio y de las viviendas que servirán como casos de estudio; los períodos elegidos (invierno y primavera); y por último, las herramientas necesarias para cumplir los objetivos y la forma en la que se organizan y expresan los datos recabados (tablas y gráficas).

## **5.2. Elección del sitio**

Ya se ha mencionado en el capítulo anterior, que durante el primer viaje de reconocimiento de la Sierra Alta Tarahumara, pudieron identificarse varios poblados en los que se encontraron viviendas susceptibles de ser utilizadas para la clasificación; sin embargo, también quedó evidenciada la dificultad de acceso y la carencia de condiciones mínimas (en muchos de los sitios visitados) para llevar a cabo las mediciones requeridas en este punto de la investigación.

Dado que la investigación se centra en la arquitectura característica y típica (no en la vivienda ecléctica) de las zonas altas de la región tarahumara, los poblados en los que se ha enfocado la investigación son aquellos que cuentan con una altitud mayor a los 2,000 msnm, es decir, se encuentran en las zonas altas de las montañas, al mismo tiempo que sus viviendas conservan las formas y conceptos tradicionales de concebir los espacios habitables de los *rarámuris*.

Con estos antecedentes y condicionantes, era indispensable no sólo encontrar un sitio con condiciones adecuadas de hospedaje y seguridad para ubicar e instalar los instrumentos principales de medición durante los días de duración del experimento, sino que dicha localidad tendría que contar preferentemente con las tipologías aptas (idóneas de ser posible) para realizar las mediciones, además de estar ubicado en una altitud similar a la de los sitios indagados en el análisis climático.

En tal caso, se determinó que era Cusárare el poblado idóneo, no sólo por contar con la variedad de viviendas y cumplir con los objetivos previstos, sino por contar con la casa de la CET (hecho determinante) en la que podrían encontrarse condiciones adecuadas de estadía.

Es importante reiterar la importancia de contar con el enlace hacia el interior de las comunidades, y ésta fue también una de las situaciones favorables del sitio elegido.

### 5.2.1. Cusárare

Enclavado en un valle pequeño en el corazón de la Alta Tarahumara y a 25 km de la ciudad de Creel, llegando por la carretera principal que atraviesa la sierra de norte a sur —desde Cd. Cuauhtémoc hacia Guachochi—, se ubica Cusárare, asentamiento de estructura dispersa semi-rural (muy similar a los demás sitios visitados), cuya población actual aproximada es de 800 habitantes.

Para llegar hasta él, se toma la desviación desde la carretera principal y se recorre 1 km de terracería. El acceso es complicado pues no hay rutas regulares desde Creel, a pesar de tratarse de un sitio turístico que cuenta con una de las misiones principales de la época de la Colonia, la cual alberga hoy el Museo Loyola, considerado entre los más importantes de la región (ver figuras 89 y 90).

En cuanto a los referentes climáticos, tal como se planteó en el capítulo III, por sus condiciones similares las de las zonas altas y su cercanía con Cusárare, fueron utilizados los datos climáticos de la estación meteorológica de Bocoyna<sup>57</sup>.

Referentes geográficos principales de Cusárare:

Latitud: 27° 37'.

Longitud: 107° 33'.

Altitud: 2 200 msnm

Cusárare está también comunicado con Norogachi, a través de una terracería que cruza por el corazón de la sierra. Este camino es muy transitado por la población *rarámuri*, pues recorre varios poblados y rancherías en las que se ubican aserraderos, que son una de las fuentes principales de trabajo para la gente de la región.

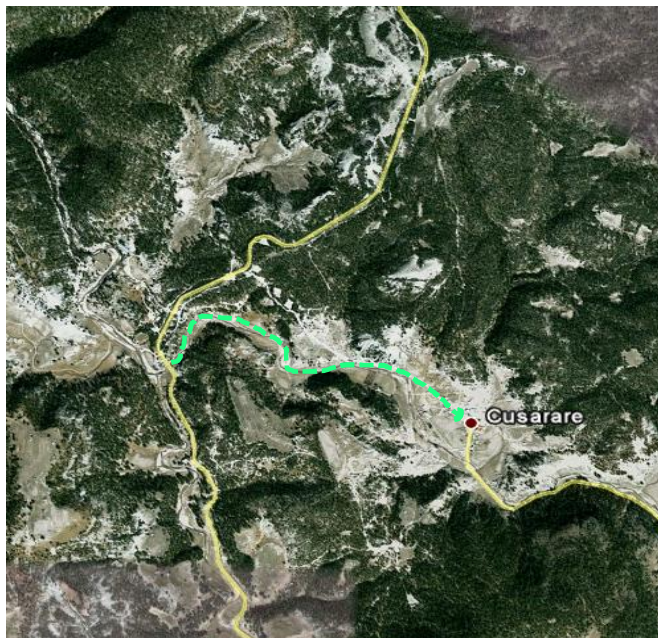
---

<sup>57</sup> Si bien la distancia aproximada entre ambos poblados es de 32 km, sus altitudes son similares; además de que (como se vio en el análisis climático), no existe otra estación meteorológica más cercana a Cusárare.

En los mapas siguientes se indica gráficamente la ruta de acceso mencionada hacia Cusárare, desde Cuauhtémoc y Creel:



**Figura 89.** Ruta de acceso a Cusárare.



**Figura 90.** Ruta de entrada a Cusárare.

En la figura 90 se enfatiza el trayecto de 1 Km de terracería desde la carretera principal hasta el centro de Cusárare.



### 5.3. Los casos para estudio: selección de viviendas

Se sabe ya que el poblado Cusárare fue recorrido durante el primer viaje y en él pudieron visualizarse, a grandes rasgos, la variedad de viviendas y elementos con los que podía contarse para los períodos de mediciones.

En tal caso, iniciada la estancia del segundo viaje, ya en el sitio, el primer objetivo fue realizar el recorrido definitivo de localización y elección de viviendas susceptibles de ser utilizadas en el experimento, para lo cual se consideraron los siguientes criterios de elección:

- 1) **Materiales y tipologías.** Se buscó que las viviendas contaran con la variedad de materiales de cubiertas y muros analizados en el capítulo IV, para analizar y documentar el comportamiento de las viviendas clasificadas.
- 2) **Antigüedad de las viviendas.** Partiendo del supuesto de que las estructuras más antiguas podrían funcionar más favorablemente ante los comportamientos térmicos extremos del invierno, se localizaron varios casos y pudo comprobarse que, si bien estos contaban con elementos constructivos interesantes, su estado de conservación era más desfavorecido que el de las viviendas más recientes.
- 3) **Contacto con los propietarios.** Es lógico que debía contarse con la anuencia de los dueños de las viviendas, para instalación de los equipos y las lecturas de datos, que implicarían visitas (entradas y salidas) continuas a las viviendas.

Con base en lo anterior, la definición de viviendas planteó situaciones que fueron más allá de un simple acto de elección. Se trataba de un poblado pequeño en el que, aun contando con el apoyo de la CET (no sólo para el acceso al sitio sino para la estancia durante los días del experimento), la mayor parte de la población no hablaba castellano; si a esto se agrega (como pudo referirse en el capítulo II) que los *rarámuris* evitan generalmente el trato con gente externa, el tema “contacto con la comunidad” fue medular para la estancia en Cusárare; entendiendo esto, se tuvo especial cuidado en plantear las formas y el trato hacia los propietarios de las viviendas.

Se contó entonces con el apoyo de la subdelegación CET de Creel para contactar a Crescencio (*Chencho*), cuidador de la cabaña de Cusárare<sup>58</sup>, quien fue el encargado de establecer el vínculo con cada uno de los dueños de las viviendas.

Se reitera que la búsqueda tuvo que darse más allá del centro del poblado y pudo comprobarse que buena parte de las casas más antiguas, permanecen dispersas y aisladas en la periferia de los poblados.

Habiendo revisado las distintas alternativas, se definieron entonces los casos de estudio (ocho en total), dos de los cuales se ubicaron a quince minutos del centro del poblado (PIEDRA I y MADERA I).

En los bloques fotográficos de las figuras 91 y 92 se muestra parte del trayecto de aproximadamente 15 minutos hacia dichas viviendas.



**Figura 91.** Veredas hacia viviendas PIEDRA I y MADERA I.



**Figura 92.** Veredas hacia viviendas PIEDRA I y MADERA I.

---

<sup>58</sup> Casa propiedad de la CET.

Por último, es importante aclarar que si bien no se había contemplado la medición de viviendas cuyos techos exteriores fuesen de lámina, esta limitante quedó descartada, pues las casas con techos tradicionales de madera eran las peor conservadas; además, las cubiertas exteriores de las viviendas elegidas (cualquier material) se presentaban separadas del techo interior y generando espacios abiertos, es decir, no se formaban exclusas térmicas, por lo que se asumió que la diferencia de materiales no influiría en el comportamiento térmico interior.

A continuación, se anexa una síntesis gráfica y escrita mediante fichas sintetizadas<sup>59</sup> para cada estudio de caso, que contienen la siguiente información:

- Material de los muros.
- Descripción general.
- Fotografía general.
- Fotografías de detalles.
- Superficie y dimensiones aproximadas.
- Planos esquemáticos (plantas y fachadas perimetrales).
- Material de cubierta exterior.
- Material de cubierta interior.
- Número de ocupantes.
- Recubrimiento interior.
- Recubrimiento exterior.
- Dibujos de detalles constructivos (croquis).
- Orientación (norte magnético y norte solar verdadero).
- Acotaciones complementarias de interés.
- Ubicación dentro del conjunto.
- Ubicación del calentón.
- Ubicación del termómetro.

---

<sup>59</sup> Para cada caso se anexan dos fichas, una de ellas en formato de lámina (lado derecho).

### **5.3.1. Datos descriptivos: estudios de caso**

Antes de pasar a la descripción individual de los casos de estudio, es importante acotar algunos datos generales respecto de la conformación de los espacios interiores.

De manera general, el mobiliario es siempre básico y consiste a penas en camastros, alguna mesa y un par de sillas. Regularmente las mesas se ubican junto a los calentones, pues en ellos ubican los trastos par cocina y alimentos y las camas están pegadas invariablemente en los perímetros de las viviendas. Aparecen siempre cosas colgadas en clavos sobre todas las paredes perimetrales y, a veces, algunos entrepaños con algún objeto personal. En las cocinas se improvisan tablones sobre piedras que sirven de bancas y en general, parece haber un desinterés por asignar sitios precisos para colocar sus utensilios y pertenencias que, bajo una concepción materialista convencional, serían siempre escasos.

Sin embargo, hay un proceso de cambio derivado de algunos niños y jóvenes que al asistir a las escuelas y posteriormente trabajar, van asumiendo formas distintas respecto de la adquisición de bienes materiales.

### **5.3.2. Espacios interiores**

El mosaico fotográfico de la página siguiente (figura 93) muestra varias imágenes de los interiores de las viviendas documentadas y utilizadas para las mediciones.

Es indispensable acotar, como se ha hecho antes, que las imágenes de estos espacios interiores se anexan con un profundo respeto hacia la forma de pensar de los usuarios de estas viviendas; es evidente que uno de nuestros primeros adjetivos para calificar las fotografías podría ser “desorden”. Desde un punto de vista personal, hay un sentido de desapego por lo material que en todo caso genera interés de análisis y cuestionamientos sobre la forma de concebir la vida diaria dentro de sus espacios interiores. Se pudo corroborar el hecho de que parecen más interesados en estar la mayor parte del tiempo fuera de sus viviendas, que son un espacio dormitorio-cocina.





**Figura 93.** Los espacios interiores en los estudios de caso.

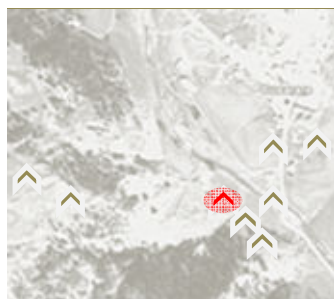
### 5.3.3. Fichas individuales

A continuación se muestran las fichas individuales completas (fig. 94 a 109).

## PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárese.



Ubicación en el conjunto

## Descripción

Construida hace cuarenta años con las técnicas tradicionales y remozada hace diez años.

El terminado de la piedra es juntado y sellado perfectamente.

Los baños posteriores y el portal frontal son ampliación de la estructura original.

Ventanas interiores no abatibles.

Techo interior con torta y bien aislado.

## Datos Principales

**Material: PIEDRA**

**Número de habitaciones: 3**

**Número de ocupantes: 1**

**Cubierta exterior: lámina galvanizada**

**Techo interior: madera y torta**

**Recubrimiento exterior: no**

**Recubrimiento interior: aplanado**

**Superficie aproximada: 60 m²**



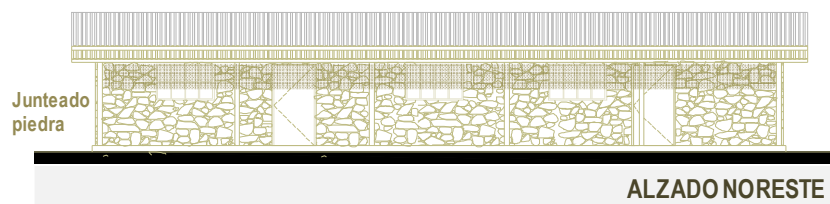
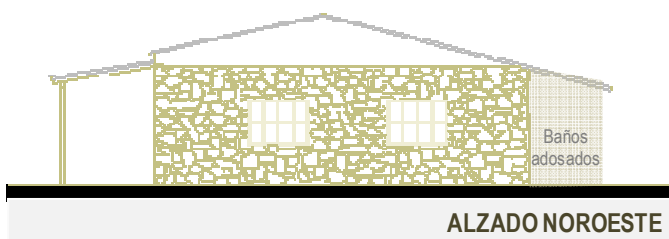
**Figura 94.** Ficha individual Descripción CET TUTOR.

Corredor frontal y acceso principal al interior.

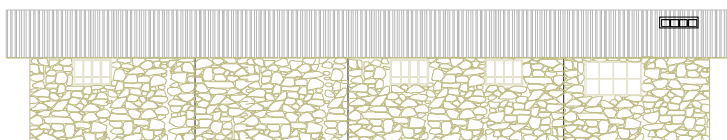




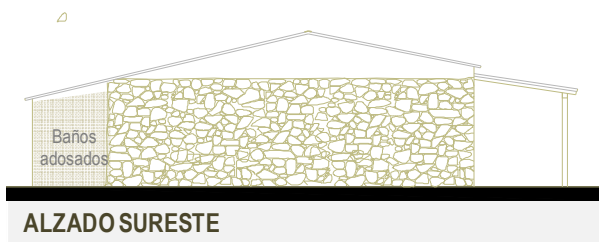
detalles

Junteado  
piedraChimenea  
en "CET  
Control"Espacio porticado frontal orientado al norte, recientemente integrado, atípico de  
las viviendas rarámurisPórtico  
exterior  
frontal  
norte

ALZADO NOROESTE

Baños  
adosadosVivienda de mayor tamaño que todas las demás, en  
perfecto estado de mantenimiento, sin problemas de  
filtraciones de aire, salvo por los arrastres de las puertasMesa de trabajo  
"CET Control"

ALZADO SUROESTE

Baños adosados a la estructura original,  
también atípicos entre las viviendas  
rarámuris

ALZADO SURESTE



Fachada principal, corredor frontal y jardín casa CET.

Figura 95. Ficha individual 1: Imágenes y detalles CET TUTOR.

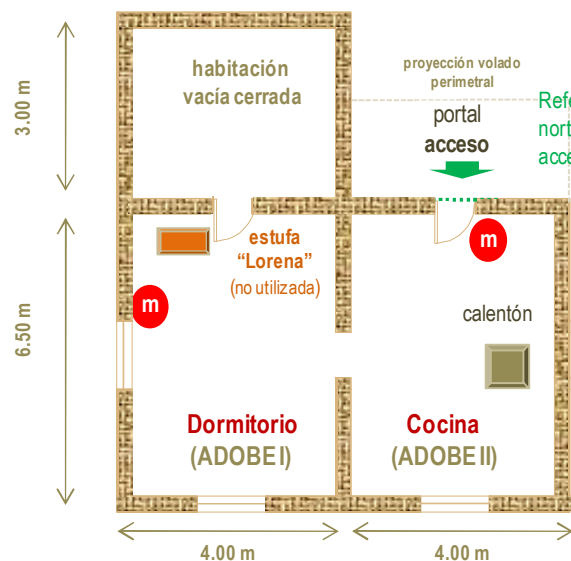


## ADOBE I y II

1

Ficha

### PLANTA ESQUEMÁTICA



Referencia  
norte  
acceso casa

Norte Magnético

Desviación 7° 15' Este

Referencia acceso casa

NORTE  
SOLAR  
VERDADERO

m termómetro

Cotas aproximadas  
generales

Las flechas  
grises indican  
cada estudio  
de caso  
y la que  
aparece en  
color rojo  
corresponde a  
la ficha en  
cuestión,  
todas sobre el  
mapa de  
Cusáreare.



### Datos Principales

Material: **ADOBE**

Número de habitaciones: 2

Número de ocupantes: 5

Cubierta exterior: lámina galvanizada

Techo interior: madera

Recubrimiento exterior: no

Recubrimiento interior: no

Superficie aproximada: 40 m²

### Descripción

Vivienda dividida en dos áreas:

ADOBE I y "ADOBE II"

La primera es el dormitorio

y la segunda la cocina-comedor.

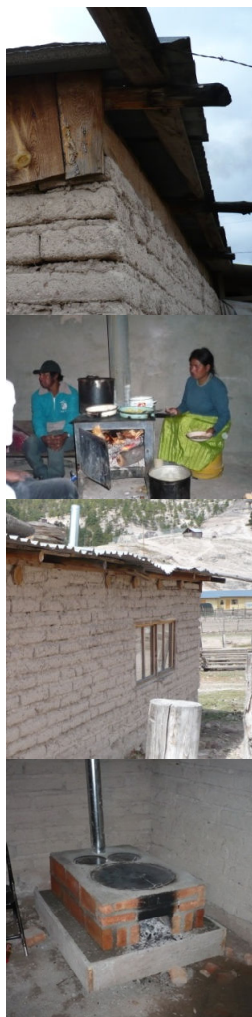
El muro intermedio cuenta con una  
puerta de madera.

Recientemente se instaló una estufa  
"Lorena" que no se usa por presentar  
problemas de fugas de humo.



Fachadas posteriores (sureste y suroeste).

Figura 96. Ficha individual Descripción ADOBE (I y II).



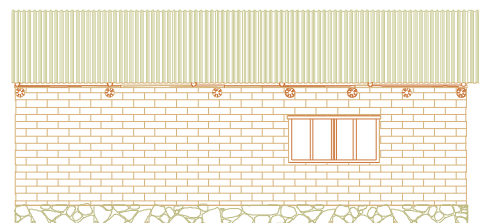
detalles

Detalle esquina exterior y tapas de tablas tapas de bodega en frente sur-poniente

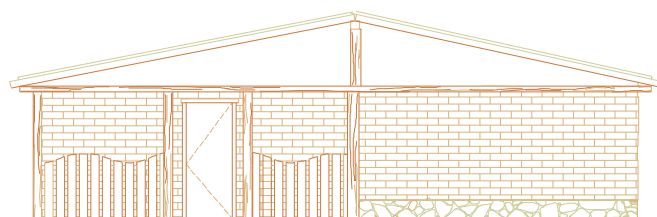
Calentón cuadrado en cocina

Lateral exterior

Estufa "Lorena" ADOBE I no utilizada por mal funcionamiento

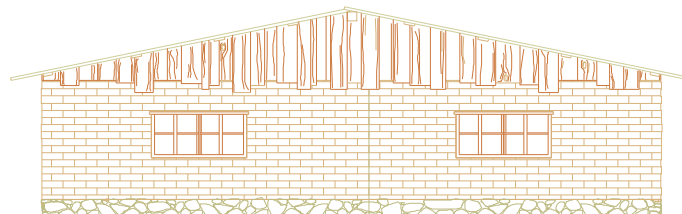


ALZADO NOROESTE



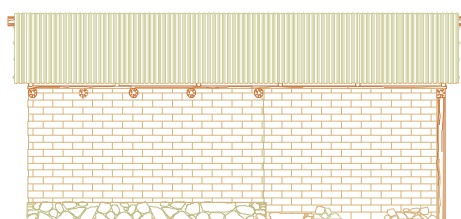
ALZADO NORESTE

Pórtico en acceso. Vivienda ampliada recientemente; sus propietario trabajan fuera de la Sierra y han adaptado a formas más convencionales la vivienda.



ALZADO SUROESTE

Vivienda reciente, con espacio de guardado, cerrado en uno de los lados y abierto por el opuesto, expuesta a asoleamientos durante todo el día.



ALZADO SURESTE



Detalle estructura techo interior.

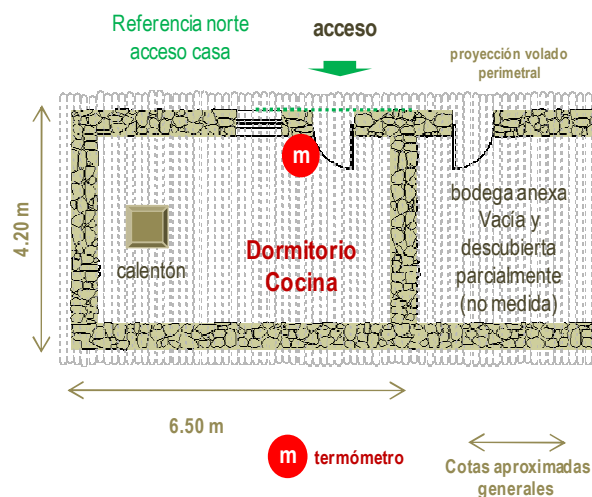
Figura 97. Ficha individual: Imágenes y detalles ADOBE (I y II).

# PIEDRA I

1

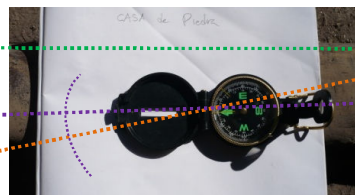
Ficha

## PLANTA ESQUEMÁTICA



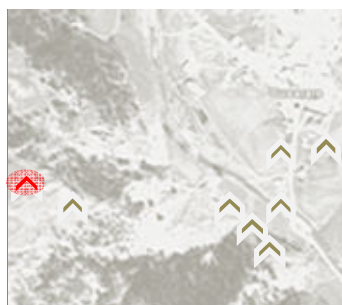
Norte Magnético  
Desviación 7° 15' Este

referencia acceso casa



NORTE SOLAR  
VERDADERO

Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárare.



Ubicación en el conjunto

## Datos Principales

Material: **PIEDRA**

Número de habitaciones: 1

Número de ocupantes: 5

Cubierta exterior: **madera -canao**

Techo interior: **madera**

Recubrimiento exterior: **no**

Recubrimiento interior: **junteado**

Superficie aproximada: **25 m²**

## Descripción

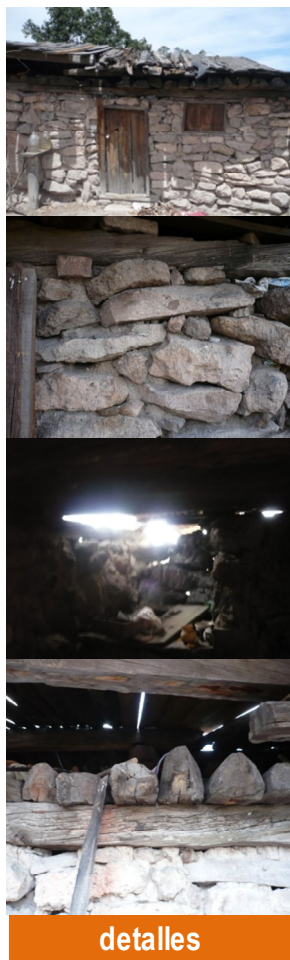
Vivienda de una sola habitación construida hace más de cien años. Procedimiento de construcción rudimentario en relación con la vivienda PIEDRA II. Madera de cubierta exterior en tablones rústicos; se encuentra en muy mal estado de conservación con problemas de filtraciones tanto en muros como en cubierta (muchos huecos).



Fachada principal acceso (Este).

Figura 98. Ficha individual 2: Descripción PIEDRA I.



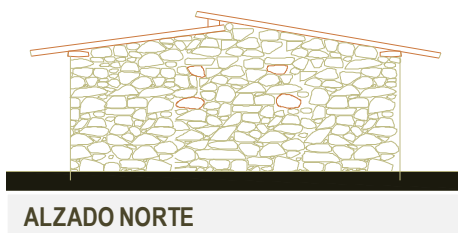
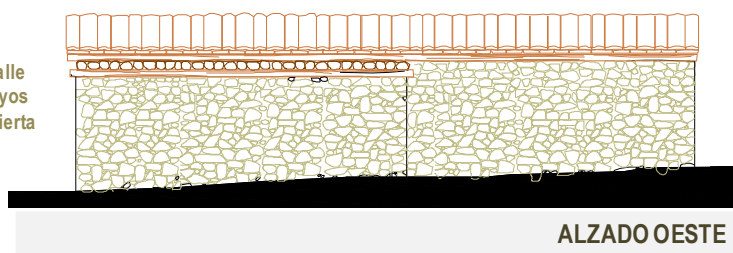
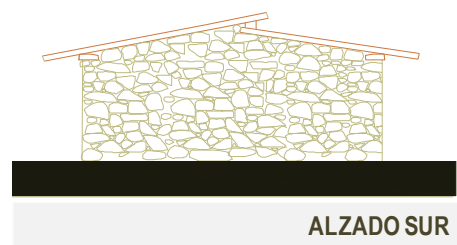
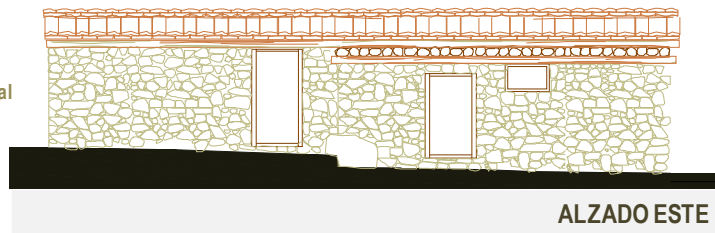


Vista general

Apilado de piedras en muro fachada principal ya casi sin ningún relleno de tierra

Hueco enorme en área del calentón

Detalle apoyos cubierta



Vista general estructura de la cubierta exterior.

Sistema tradicional muy antiguo. Muros trabajados a base de piedras apiladas, sin ningún recubrimiento y cubiertas de troncos rústicos y canoa, a dos aguas.

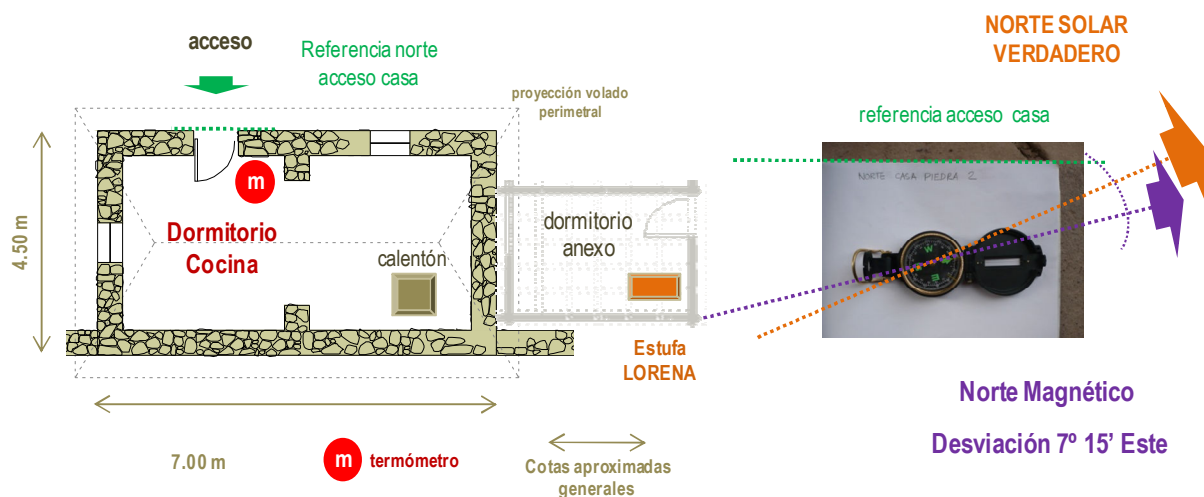
Figura 99. Ficha individual 3: Imágenes y detalles PIEDRA I.

## PIEDRA II

1

Ficha

### PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárare.



### Datos Principales

Material: **PIEDRA**  
 Número de habitaciones: 1  
 Número de ocupantes: 6  
 Cubierta exterior: lámina galvanizada  
 Techo interior: tabla y torta  
 Recubrimiento exterior: junteado  
 Recubrimiento interior: junteado  
 Superficie aproximada: 30 m<sup>2</sup>

### Descripción

Vivienda ubicada en el atrio de la Iglesia, en el centro de Cusárare.  
 Con la configuración de una sola habitación y anexo agregado recientemente que será utilizado durante el verano, pues cuenta con una estufa "Lorena".  
 Junteado de muros bien trabajado y techo interior con torta no presenta problemas de filtraciones.  
 Ventanas corredizas operables para ventilación.



Fachada principal hacia el Atrio de la Iglesia.

Figura 100. Ficha individual: Descripción PIEDRA II.

## PIEDRA II

2

## Imágenes



Vista general desde exterior perímetro atrio



Dormitorio adicional reciente, utilizado en primavera (camastro con cobijas aun en primavera)

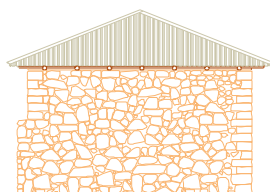


Apoyos perimetrales, intermedios en techo y columna

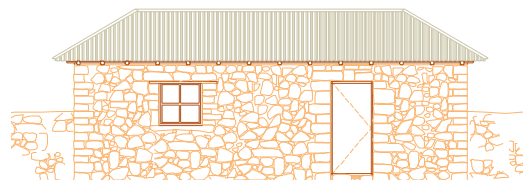


Calentón y mobiliario elemental (Chencho)

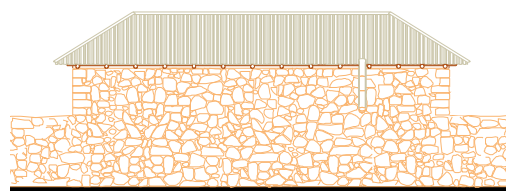
detalles



ALZADO NORTE



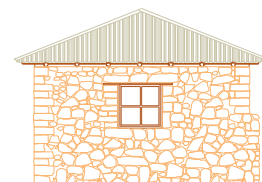
ALZADO OESTE



ALZADO ESTE

Fachada integrada a la barda del atrio de la Iglesia, orientada hacia el Este.

Vivienda antigua y reparada recientemente. Perfectamente protegida de filtraciones



ALZADO SUR

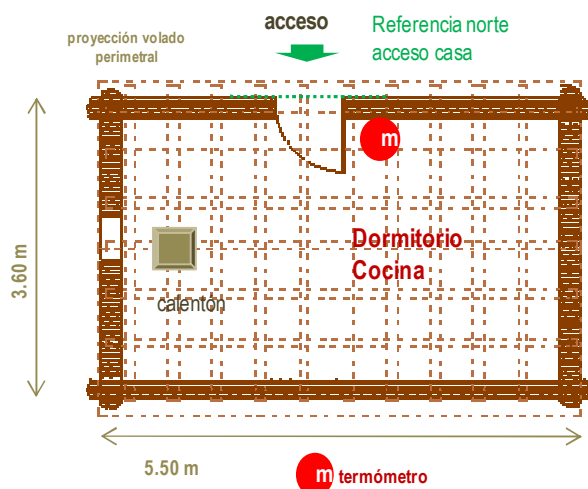


Fachada lateral hacia el Sur.

Figura 101. Ficha individual 4: Imágenes y detalles PIEDRA II.



PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárare.



Descripción

Vivienda de una habitación.

Los troncos de los muros están bien ensamblados y cuentan con ripiado.

Tiene doble tabla en techo interior pero no cuenta con torta y el espacio intercubiertas se usa de granero (no está cerrado). Las ventanas son muy pequeñas y son abatibles.

Cubierta tradicional exterior de tiras.

Norte Magnético  
Desviación 7° 15' Este



NORTE SOLAR  
VERDADERO

↔  
Cotas aproximadas  
generales

Datos Principales

Material: **MADERA**

Número de habitaciones: 1

Número de ocupantes: 3

Cubierta exterior: madera de tira

Techo interior: madera tablón

Recubrimiento exterior : ripio

Recubrimiento interior: aplanado

Superficie aproximada: 25 m²



Vista general fachada acceso.

Figura 102. Ficha individual 5: Descripción MADERA I.

## MADERA I

2

## Imágenes



Vista general



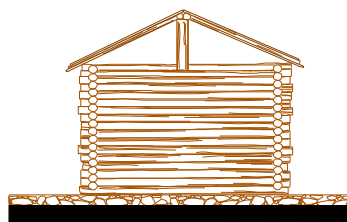
Vista general  
machimbrado  
esquina  
exterior



Apoyo  
cumbra y  
hueco bodega  
superior

### detalles

Ripiado de tierra  
sólo en muros interiores



ALZADO SURESTE

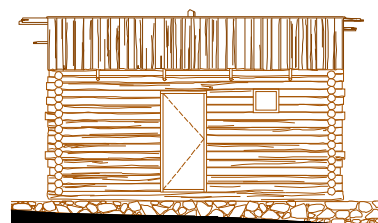
Nivelación con piedra para apoyar muros  
perimetrales

Localizada (junto con la  
vivienda PIEDRA I)  
en una pequeña meseta,  
80 m de altitud por  
encima del centro del la  
plaza del poblado  
(quince minutos  
caminando y subiendo).



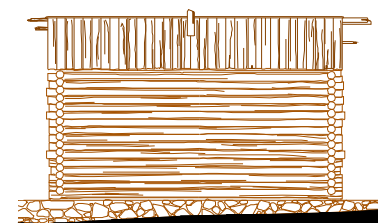
ALZADO NOROESTE

Puerta y ventana (muy  
pequeña), orientadas al  
este.  
El resto de las  
orientaciones sin  
aberturas



ALZADO NORESTE

Junto con la vivienda  
Piedra I, las dos más  
expuestas al viento



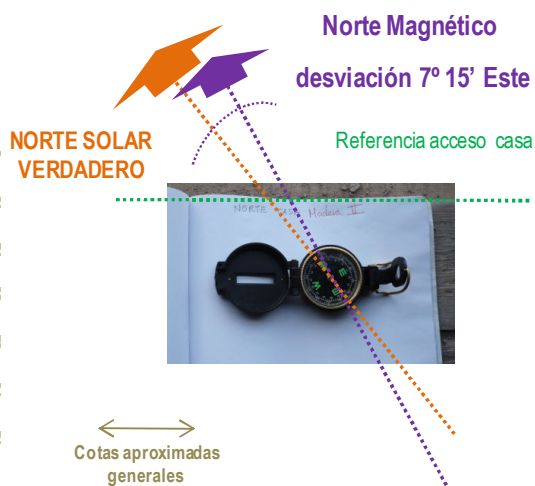
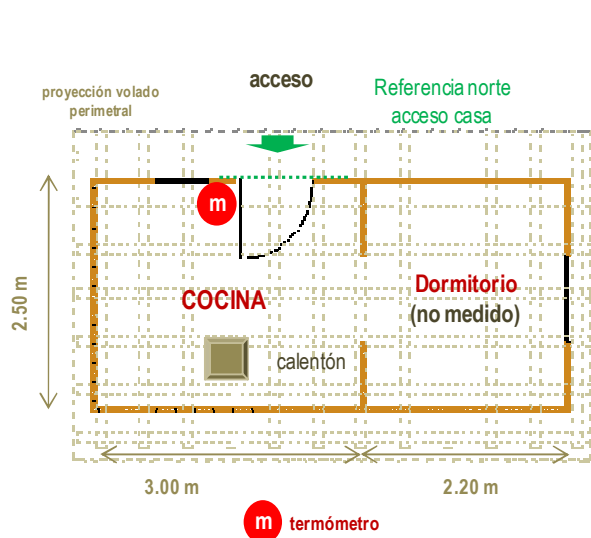
ALZADO SUROESTE



Fachada posterior con detalle nivelación piso.

Figura 103. Ficha individual 6: Imágenes y detalles MADERA I.

## PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas  
grises indican  
cada estudio  
de caso  
y la que  
aparece en  
color rojo  
corresponde a  
la ficha en  
cuestión,  
todas sobre el  
mapa de  
Cusárare.



## Datos Principales

Material: **MADERA**

Número de habitaciones: 2

Número de ocupantes: 3

Cubierta exterior: lámina galvanizada

Techo interior: madera tabla doble

Recubrimiento exterior: no

Recubrimiento interior: no

Superficie aproximada: 18 m<sup>2</sup>

## Descripción

Vivienda de configuración en dos habitaciones muy pequeñas con división intermedia sin puerta.

Muros de tiras tipo barrote en dos capas, aislados interiormente con cartón.

Techo interior de tabla y espacio inter-cubiertas cerrado.

Ventanas pequeñas corredizas.

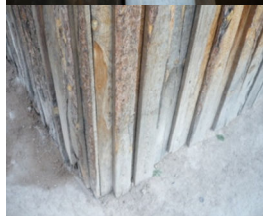


Fachada principal norte (acceso).

Figura 104. Ficha individual 7: Descripción MADERA I.



Unión tiro  
calentón con  
techo



Esquina exterior,  
barrotes de unión  
y tapa-juntas  
tablones  
interiores

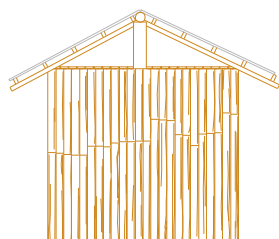


Soporte volado  
exterior

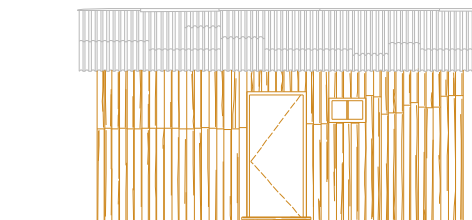


Calentón  
redondo al  
centro de la  
cocina

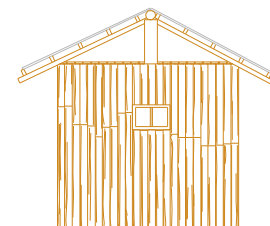
detalles



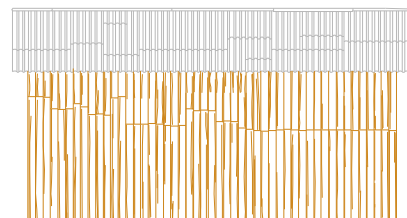
ALZADO SURESTE



ALZADO NORTE



ALZADO ESTE



ALZADO SUR



Fachada posterior con cuarto anexo.

Figura 105. Ficha individual 8: Imágenes y detalles MADERA II.

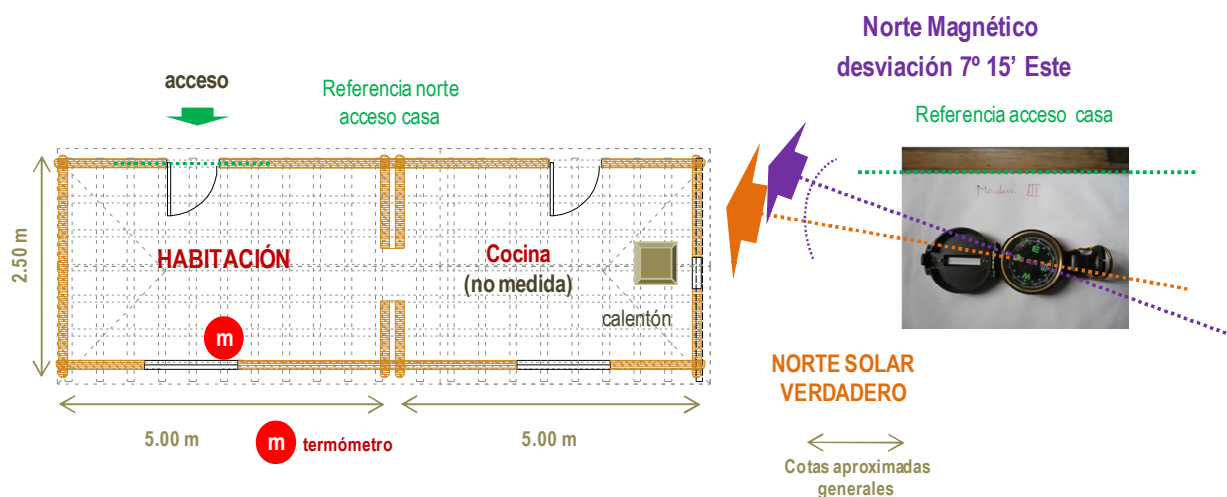


## MADERA III

1

Ficha

### PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárare.



### Datos Principales

Material: **MADERA**  
 Número de habitaciones: 2  
 Número de ocupantes: 3  
 Cubierta exterior: lámina galvanizada  
 Techo interior: tablón y torta  
 Recubrimiento exterior: ripio  
 Recubrimiento interior: ripio  
 Superficie aproximada: 18 m<sup>2</sup> (c/u)

### Descripción

Vivienda de dos habitaciones de envolventes separadas y comunicadas interiormente.

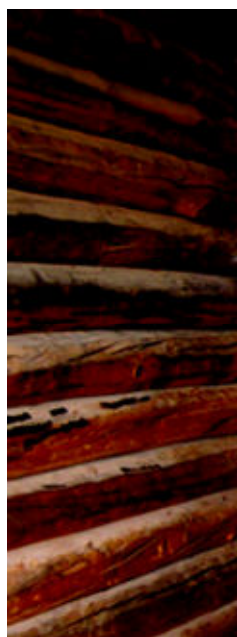
En una se cocina y la otra es habitación de alacena (en la que se realiza la medición). Cuenta con techo interior de tablón y torta y los troncos de los muros son de 1a clase y están perfectamente ensamblados y tienen ripio interior.

Las ventanas son fijas.



Fachada principal (este).

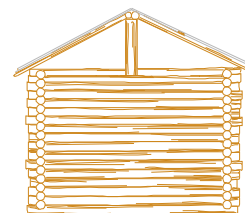
Figura 106. Ficha individual 9: Descripción MADERA III.



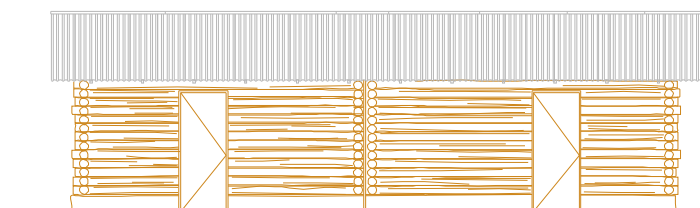
detalle

Vivienda reciente, elegida por ser la única de madera cuyo techo interior contaba con tabla y relleno de torta.

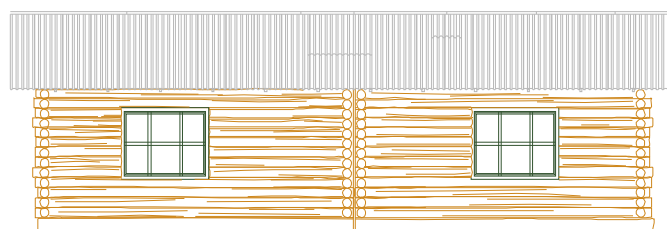
Muro interior con  
ripiado de tierra



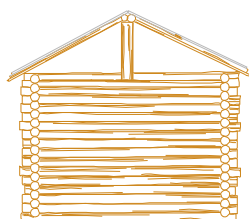
ALZADO NOROESTE



ALZADO NORESTE



ALZADO SUROESTE



ALZADO SURESTE



Detalle muro exterior: troncos y ripiado.

Figura 107. Ficha individual 10: Imágenes y detalles MADERA III.

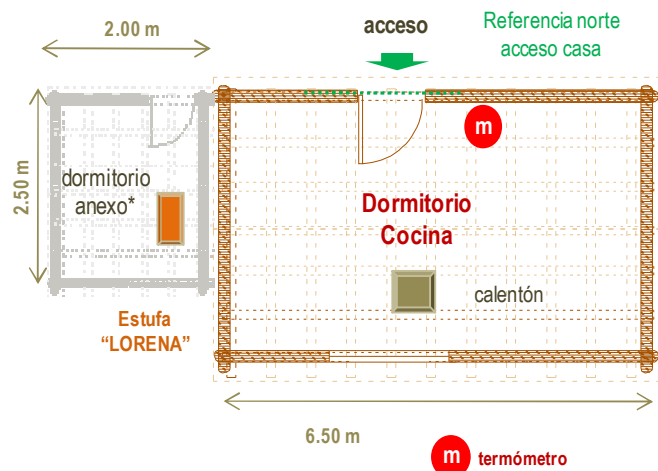


## MADERA IV

1

Ficha

### PLANTA ESQUEMÁTICA



Las flechas grises indican cada estudio de caso y la que aparece en color rojo corresponde a la ficha en cuestión, todas sobre el mapa de Cusárare.



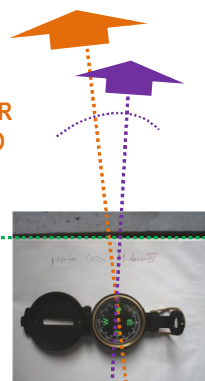
Ubicación en el conjunto

### Descripción

Vivienda grande de una habitación, en proceso de terminación (pendiente de colocar cubierta exterior inclinada, Cuenta con habitación lateral nueva con cocina "Lorena" que se utiliza durante la primavera y verano. Dimensiones 4 x 7.5 m. Cuenta con una sola ventana muy pequeña en la parte posterior, abatible.

NORTE SOLAR  
VERDADERO

Norte  
Magnético  
Desviación  
7° 15' Este



Referencia  
acceso casa

\* Espacio adosado de 2 x 2 m aprox. recientemente con estufa para uso durante primavera y verano

### Datos Principales

Material: **MADERA (tronco)**

Número de habitaciones: 1

Número de ocupantes: 7

Cubierta exterior: lámina galvanizada

Techo interior: tabla

Recubrimiento exterior: ripio

Recubrimiento interior: ripio

Superficie aproximada: 30 m<sup>2</sup>



Vista general fachada acceso.

Figura 108. Ficha individual 11: Descripción MADERA IV.



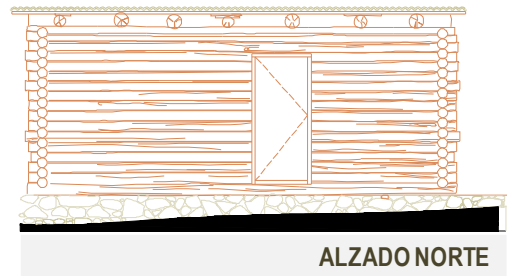
machimbrado  
muros esquina  
exterior

Vivienda en proceso  
de construcción, más  
grande que todas las  
demás y sin la  
cubierta exterior, con  
muros de troncos  
gruesos y ripiado  
interior y exterior

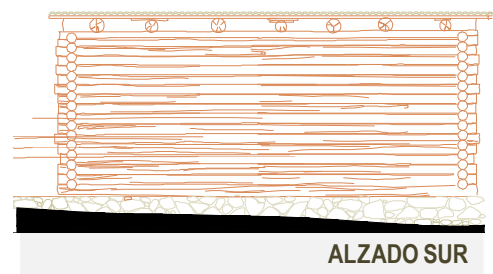
Estufa "Lorena"  
cuarto anexo

Cuarto anexo en  
proceso de  
terminación

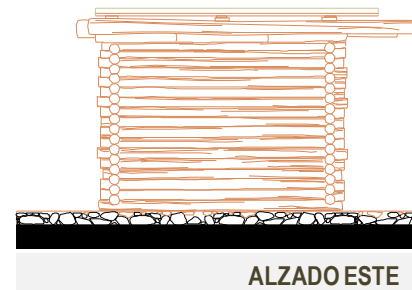
detalles



ALZADO NORTE



ALZADO SUR



ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



Detalle cubierta de troncos redondos y techo provisional.

Figura 109. Ficha individual 12: Imágenes y detalles MADERA IV.

**PAGINA EN BLANCO POSTERIOR ÚLTIMA LÁMINA**

#### **5.4. Períodos de estudio**

Recordemos que en el análisis climático del capítulo III, quedó definida la Alta Tarahumara como una región extremosa cuyas temperaturas durante el invierno son muy bajas (las más bajas en todo el país), y durante la primavera (junio) aunque no con frecuencia, también se documentaron temperaturas muy elevadas (mayores de 40°C), por lo que se ha decidido realizar mediciones (de temperatura principalmente) durante estos dos períodos, que en lo sucesivo y relacionadas con los rangos de confort, los llamaremos Bajo-calentamiento y Alto-calentamiento, para enero y junio respectivamente; ambos de los que se han inferido las semanas concretas en las que se realizan las mediciones.

El sitio se eligió en función de las condiciones aptas y la viabilidad de realizar las mediciones. Durante el recorrido general de reconocimiento, se detectaron una serie de poblaciones cuyas viviendas eran útiles para realizar las mediciones, sin embargo, paralelamente se detectó que las dificultades de acceso a los sitios, así como de la propia estancia, hacían en algunos casos inviable la realización de los trabajos.

Uno de los factores más importantes para la definición del sitio, fue el contar con viviendas que, de acuerdo a las tipologías encontradas, contaran con los elementos idóneos y útiles al experimento.

A continuación, se presenta de nuevo la gráfica psicrométrica con las temperaturas mensuales diarias, en las que se aprecian enero y junio como los meses de temperaturas extremas, por lo que son elegidos como los dos períodos de medición de temperaturas.

Se reitera que, durante el invierno, las estrategias de climatización pasivas no son suficientes y se requiere de calentamiento activo; en tanto que las temperaturas de primavera y verano se ubican sin problemas en áreas de estrategias pasivas (ventilación natural).

Los resultados obtenidos entre los distintos casos de estudio, no solamente sirven para realizar los comparativos entre ellos, sino para ser revisados en relación con los

comportamientos del período de bajo-calentamiento; no es remoto el hecho de que algunas estrategias adecuadas de diseño correcto a un clima, y bajo determinadas circunstancias, se antepongan o traigan resultados contraproducentes en los climas contrarios; en este sentido, el período de alto-calentamiento es el de menores problemas, pero sus materiales tienen que responder adecuadamente o, en todo caso, ser sujetos de alguna reconsideración o adaptación para funcionar en forma correcta.

#### **5.4.1. Invierno: Bajo-calentamiento**

Denominado así por presentar bajas temperaturas (situadas por debajo de los rangos de confort), el período de bajo-calentamiento demanda un incremento en la temperatura para generar confort en los espacios interiores. De acuerdo con el análisis climático, el período de mediciones se precisa en la última semana de enero, correspondiente a la de más bajas temperaturas (datos de 25 años).

Si bien es cierto que el período de invierno es el que tendrá que estudiarse en forma prioritaria, del análisis particular del período de sobre calentamiento se detectarán posibles problemas de *disconfort*, particularmente durante los horarios diurnos; recordemos que la investigación se ciñe a la zona alta de la Sierra Tarahumara, misma que por su altitud promedio, aun en temporada de calor, mantiene temperaturas templadas durante los horarios nocturnos.

#### **5.4.2. Primavera: Alto-calentamiento**

Con el mismo procedimiento y metodología del período de bajo-calentamiento, se realizaron las distintas mediciones diurnas y con los registros de máximas mínimas y documentando nuevamente todo lo relacionado al uso del espacio y las ganancias internas, en relación con las temperaturas exteriores.

Se sugiere revisar de nuevo los diagramas bioclimáticos de los apartados 4.3 (capítulo IV) para recordar las principales estrategias pasivas de cada período, así como los horarios en los que en bajo-calentamiento se requiere de climatización activa.

## **5.5. Obtención de datos y equipos requeridos**

En los apartados anteriores del presente capítulo, se ha planteado el objetivo general de los componentes de las mediciones y se han definido las variables principales (sitio, casos para estudio y períodos de estudio). A continuación se definen los criterios de elección de equipos necesarios, con base en los objetivos específicos de las mediciones.

## **5.6. Mediciones exteriores**

En primer término, de acuerdo con los análisis previos (climático y bioclimático) se ha definido la necesidad de obtener datos climatológicos que sirvan de referentes para los períodos de estudio. Entre ellos, el más importante es la temperatura de bulbo seco, aunque también es necesario monitorear (en la medida de lo posible) comportamientos sobre: humedad relativa, dirección y velocidades de vientos, y algunos factores del clima como lo son presión atmosférica y la altitud.

### **5.6.1. Estaciones meteorológicas**

Para lo anterior, se ha podido contar con dos equipos principales:

1. Estación meteorología *Davis Vantage Pro*. Equipo completo montado en el exterior, que cuenta con una consola inalámbrica que además de recibir y registrar los datos principales, monitorea con sensores integrados (temperatura y humedad relativa) el espacio interior en el que se ubica. Los datos se toman en forma manual<sup>60</sup>.
2. Mini-estación meteorológica *Skywatch*. Equipo mucho más pequeño que el anterior, aunque con disco duro propio que almacena datos y los trasmite al ordenador mediante un programa que, además, permite graficar en forma automática todos los parámetros elegidos<sup>61</sup>.

---

<sup>60</sup> El ejemplar conseguido no contaba con el almacenador y transmisor de datos.

<sup>61</sup> En el apartado final del presente capítulo se agregan ejemplos de los datos más importantes obtenidos con este equipo.



## **5.7. Mediciones interiores**

De la misma forma que con los datos exteriores, para las mediciones sobre los estudios de caso se requiere obtener, en forma simultánea, datos de temperatura de los espacios interiores y sus referentes directos exteriores, para lo cual se requiere de termómetros con dos sensores: el primero, ubicado en el mismo aparato y el segundo, mediante un cable para ubicar en el exterior.

Además de la temperatura (dato principal requerido), es importante obtener algunos registros sobre humedades relativas, para lo cual se eligen termo-hidrómetros con el mismo sistema de sensores —uno integrado y otro externo (cable)—, que cuenta el sensor de humedad relativa.

Por último, teniendo en cuenta que la distancia entre los casos para estudio representa una dificultad para la toma simultánea de datos, se eligen equipos que cuenten con almacenamiento de datos.

### **5.7.1. Los termómetros**

Para cumplir con los requerimientos planteados, se han conseguido dos tipos de termómetros electrónicos:

Termómetro digital *Steren* modelo TER-100. Cuenta con dos sensores de temperatura; el primero está integrado y el segundo es alámbrico; ambos registran sus respectivos datos y guardan en la memoria los registros de máximas y mínimas.

Termo-hidrómetro *Radioshack* modelo 63-1032. Cuenta también con dos sensores, uno integrado y el otro alámbrico, este segundo con un sensor integrado de humedad relativa; para los tres indicadores se tiene una memoria de registro máximos y mínimos.

De acuerdo con lo anterior, en todos los estudios de caso los equipos se ubicarán en el espacio interior y sus respectivos sensores alámbricos se fijarán en el exterior.

En cuanto a la lectura y toma de datos, la toma es realizada en forma manual (lecturas y anotaciones directas con cuaderno y lápiz), ya que ambos equipos no cuentan con transmisor de datos y las memorias son limitadas.

En relación con la ubicación precisa de los termómetros, en todos los casos se colocan 1.50 m de altura y al centro de la habitación, retirados de los calentones para evitar oscilaciones mayores, pues es obvio que las temperaturas que se generan a un lado de estos pueden ser muy elevadas.

### **5.7.2. Variantes sobre las lecturas**

Teniendo en cuenta la separación que los casos para estudio presentan dentro de la zona estudiada, es de esperarse que los datos de las mediciones (tanto interiores como exteriores) arrojen diferencias, no sólo derivadas del propio diseño arquitectónico y constructivo, sino de variables como:

- Orientación solar.
- Exposición a vientos y asoleamiento.
- Control sobre ventilación.
- Diferencias de altitudes.
- Contextos inmediatos distintos.
- Control sobre accesos y salidas.

Además de lo anterior, las distancias entre las viviendas analizadas impidieron que las mediciones se realizaran en los mismos horarios, por lo que se dieron diferencias de hasta media hora entre unos y otros.

### **5.8. Datos complementarios**

Además de las mediciones principales sobre elementos y factores del clima, fue interesante documentar el comportamiento de otros datos aislados —temperaturas superficiales de pisos, techos, muros—, así como algunas diferencias entre temperaturas al sol y a la sombra.

Para lo anterior, se utilizaron termómetros normales de bombilla y un termómetro de rayos infrarrojos.

Igualmente, fue necesario recabar las referencias longitudinales principales (largos, alturas), para lo cual se utilizó un medidor electrónico de longitudes y áreas.

Al margen de lo anterior, como una parte inherente a la investigación, fue necesario documentar materiales y testimonios audiovisuales, no sólo de las viviendas y sus componentes y variables específicas para las mediciones, sino de aquello que formaba parte del propio entorno, la habitabilidad y la movilidad de los *rarámuris*, que por su naturaleza es más subjetivo. Para obtener estos testimonios se utilizó una cámara de video-fotografía y una grabadora sencilla de audio.

Finalmente, cabe agregar que además de los datos tomados en forma directa mediante todos los equipos descritos, se cuenta con los datos obtenidos de las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMAS)<sup>62</sup>, mediante las cuales pudieron revisarse y corroborarse comportamientos de radiaciones solares y fenómenos meteorológicos generales que se presentaron regionalmente durante los períodos de medición.

## **5.9. Equipos**

A continuación se enlistan los equipos utilizados durante los períodos de mediciones y el viaje de reconocimiento:

- Datos meteorológicos: Estación meteorológica *Davis*, consola interior *Davis*, mini estación meteorológica *Skywatch*.
- Temperaturas interiores y exteriores: Termómetros digitales, termo-hidrómetros, termómetros bombilla de Hg, termómetro infrarrojo.
- Datos complementarios: Medidor de longitudes, brújula, grabadora de audio, trípode, cámara fotográfica y de video.

En el capítulo IX, se anexan cuatro tablas sintetizadas con las características y usos específicos de los equipos citados (incluyendo calibración de termómetros).

---

<sup>62</sup> Consultadas en la página web de la Conagua.

## 5.10. Rangos de confort

### 5.10.1. Temperaturas neutras ¿frío o calor?

Si bien desde principios del siglo pasado fueron evolucionando diversas investigaciones acerca de la percepción del clima, fue a partir de la década de los setenta, cuando se plantearon en forma más concreta las condiciones bajo las cuales los ocupantes de una edificación alcanzan condiciones óptimas de bienestar. Cada sitio, y en cada período climático del año, presenta distintas condiciones de confort higrotérmico (temperatura-humedad) a las que el ser humano en forma natural trata de adaptarse para entrar en ese estado denominado “confort” que, igualmente, ha sido estudiado para establecer sus límites con fórmulas matemáticas distintas.

Desde que en 1968 Víctor Olgyay estableció la “zona de confort universal” de 18°C a 26°C, diversos estudiosos han planteado distintos límites para definir las rangos de confort de un sitio y momento específico.

### 5.10.2. Límites y referencias

Desde antes de presentar cualquier dato sobre los elementos que serán medidos, es necesario acotar sus puntos de referencia; existen varias metodologías que, a partir de las temperaturas medias mensuales, calculan la llamada temperatura neutra que, a su vez, define el rangos de confort preciso de acuerdo con la ubicación y los datos climáticos de un sitio; de tal manera, que queda definido el rangos teórico óptimo para un lugar y período del año específico.

Las cifras obtenidas (temperatura principalmente), están sujetas a distintas valoraciones de acuerdo con los referentes que se establezcan.

A continuación se presentan en forma sintetizada las mediciones de temperatura media mensual de Bocoyna:



**Tabla 7.** Temperaturas medias mensuales.

Contando con los datos anteriores puede calcularse la temperatura neutra (óptima), para la que existen cuatro fórmulas de cálculo aceptadas y más empleadas que son<sup>63</sup>:

--	--	--	--

Utilizando cualquiera de las anteriores, se pueden definir, a su vez, las zonas de confort, cuyo método aceptado mundialmente es el de Fanger, que determina 5K (+/- 2.5K) a partir de la temperatura neutra.

En la tabla siguiente se muestran los cuatro casos distintos de cálculo con el mencionado rango “Fanger” de 5K.

--

**Tabla 8.** Rangos de confort –Fanger.

Como se aprecia, existen diferencias en la interpretación de los rangos de confort; dos de ellas (Auliciems y Cooper), se ubican más cercanas al rango universal de confort, y las otras dos (Humphreys y Roaf), se acercan más a las temperaturas específicas del clima (más frío en nuestro caso de estudio).

En la presente investigación, se utilizará la más baja (Humphreys), dado que se trata de un clima frío (extremoso) durante la mayor parte del año. Sin embargo, como se verá a continuación, el rango de confort será ampliado de 5 °C a 10 °C, de acuerdo con un ajuste conocido como Método Adaptativo, tal como se detalla.

---

<sup>63</sup> Si se desea indagar más sobre Método Adaptativo, en el CD anexo se incluye un artículo publicado por Carlos Eduardo Ávila e Iratzio Esquivel (Semana de la Asociación Nacional de Energía Solar, septiembre de 2009).

### 5.10.3. Ampliación de las zonas de confort. Método Adaptativo

Al tiempo que han quedado establecidos los límites del rango de confort, de acuerdo con el método de Fanger (5K), se han podido constatar las condiciones climáticas de la Sierra Tarahumara y la capacidad de adaptación de sus habitantes, —los *rarámuris* mayoritariamente— a dicho clima extremoso.

En forma paralela a estos dos elementos, debe señalarse que en las últimas cuatro décadas, se han realizado numerosos estudios conocidos como método adaptativo (o adaptivo) que hablan de la aclimatización natural del ser humano a cualquier condición climática, y que determinan la ampliación de los rangos de confort de 5°C a 10°C (5K a 10K), con el objeto de disminuir al máximo los períodos en los que se requiere climatización asistida, para cualquier clima y en cualquier tipo de edificación.

Con base en lo anterior, y asumiendo que sin duda, los *rarámuris* han alcanzado niveles de adaptación que, de acuerdo a lo observado —hábitos, actividades, vestimenta, etc.— pueden ceñirse a los planteados por el Método Adaptativo; se determina que la presente investigación cuenta con los elementos y condiciones para que los rangos de confort sean utilizados con las ampliaciones propuestas por el citado método.

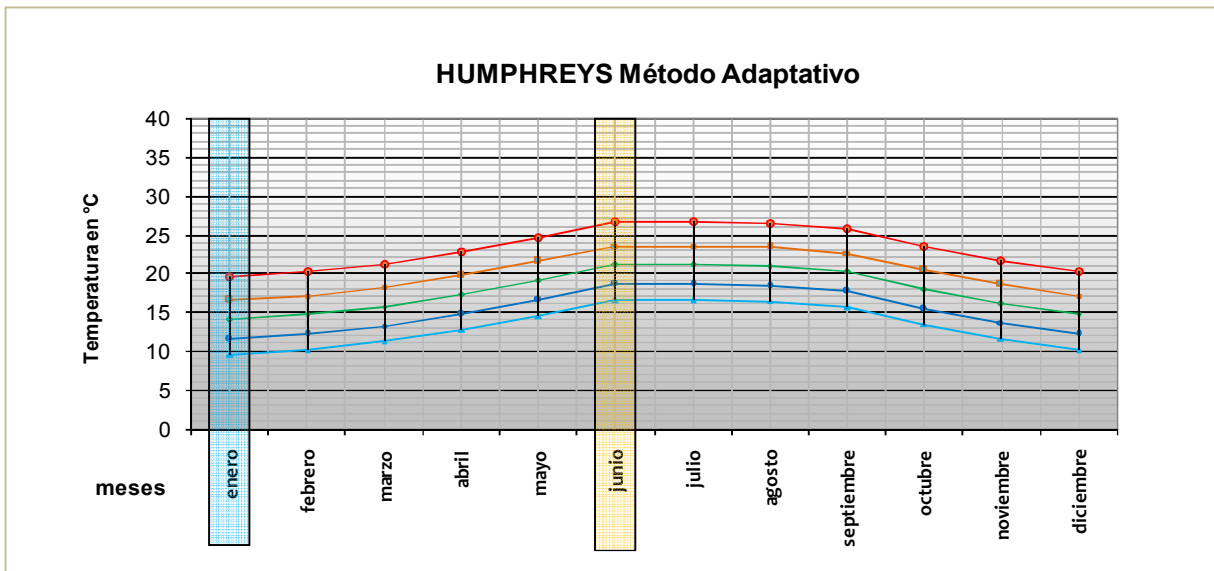
En las tablas y gráficas siguientes, se plantean los rangos definitivos sugeridos, calculados con la citada fórmula de Humphreys y ampliados al rango de confort del Método Adaptativo de 10K ( $-4.5 / + 5.5 T_n$ ).

Cabe agregar, que si bien los estudios de este método han sido enfocados a edificios de oficinas (por ser consumidores de altas cantidades de energía), su aplicación en el sector de vivienda es altamente viable, más aún cuando se trata de una cultura, como la de los *rarámuris*, que ha resuelto muchas de sus necesidades con la adaptación al medio.





**Tabla 9.** Temperaturas neutras y límites de las zonas de confort. Método Adaptativo.



**Figura 110.** Rangos de Confort anuales Método Adaptativo.

En la gráfica, se aprecian las variantes entre las zonas de confort de cada mes, tanto para los rangos convencionales (Fanger) como los del Método Adaptativo; las dos franjas en colores –azul y naranja– enfatizan los períodos de enero y junio (temperaturas extremas), correspondientes a los períodos de mediciones de la investigación.

### **5.11. Organización, presentación y manejo de datos. Tablas y figuras**

En relación con los datos documentados, se utilizaron programas de organización de datos (*Excel* y *Works*) y finalmente se realizaron una bitácora diaria, en la que se fueron documentando y anotando testimonios, varios de los cuales aparecen en el apartado de comentarios finales del capítulo VIII de Anexos.

Se sabe que se midieron temperaturas interiores y exteriores simultáneamente con distintos intervalos; al no contar con equipos automatizados, en las viviendas más cercanas al centro de control se tomaron datos continuos, y en las otras cuatro en lapsos más largos.

En todos los casos, se presenta individualmente la tabla de temperaturas tomadas, con una gráfica de datos salteados; en seguida se agrega la misma tabla completada con temperaturas medias, para obtener secuencias corridas, que si bien no son exactas, permiten graficar el comportamiento de la temperatura durante los días observados.

Una vez presentadas las tablas individuales, se presentan tablas generales de temperaturas máximas y mínimas, que permiten hacer comparativos individuales para cada vivienda y para ambos períodos de mediciones.

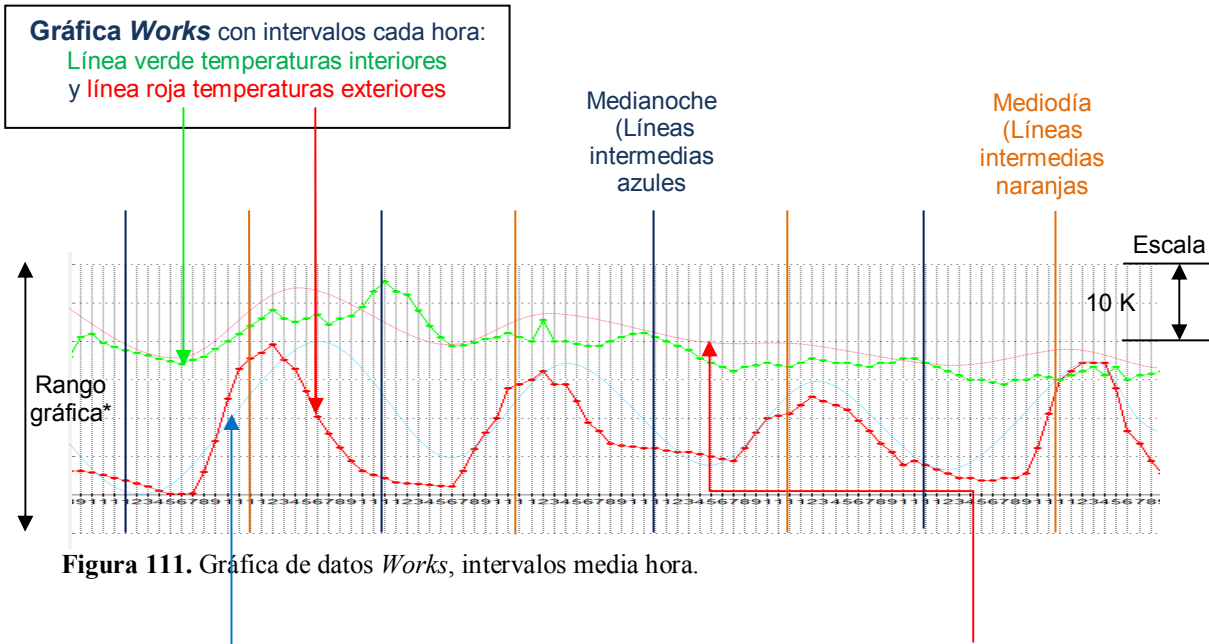
Posteriormente se añade un apartado con comparativos agrupados de acuerdo a los análisis de resultados.

#### **5.11.1. Temperaturas máximas y mínimas. CET TUTOR**

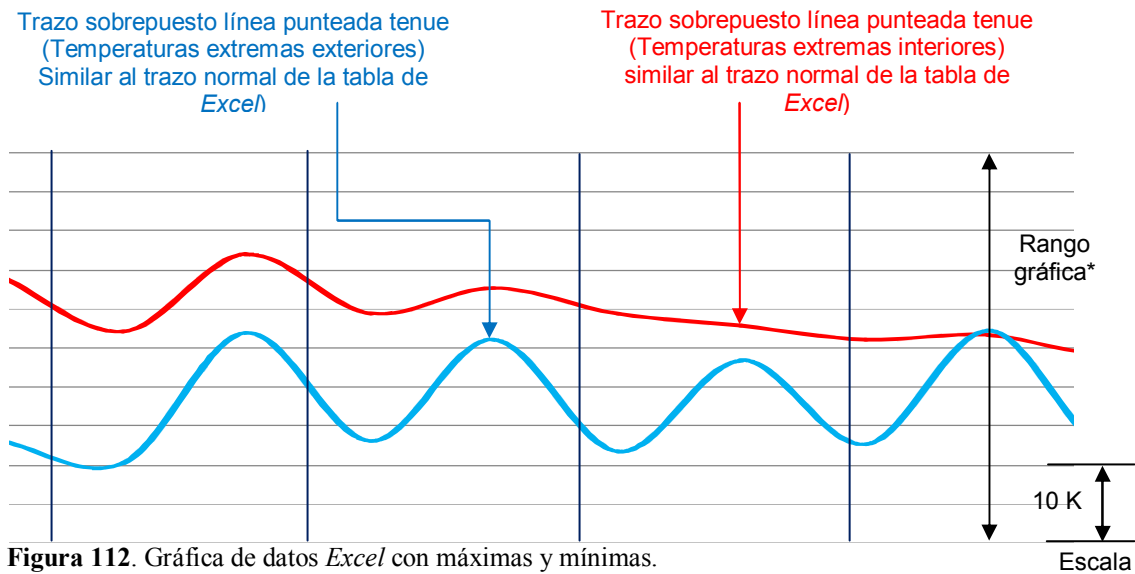
En los primeros apartados del presente capítulo se explicó la metodología de las mediciones. También se indicó la importancia de contar con la vivienda CET TUTOR como referente general de las mediciones, no sólo porque en ella se ubicaron los equipos meteorológicos, sino porque pudieron realizarse en su interior tomas de datos con intervalos más cortos que en el resto de los estudios de caso.

Al margen del citado distanciamiento entre los casos de estudio y la imposibilidad de obtener datos en los mismos intervalos (horas), se decidió realizar varias tomas de temperatura durante el día y registrar los datos máximos y mínimos; de esta forma, si

bien no se pudieron obtener datos precisos de retardo térmico y masividad, fue posible plantear las oscilaciones máximas en los espacios interiores y exteriores.



**Figura 111.** Gráfica de datos *Works*, intervalos media hora.



**Figura 112.** Gráfica de datos *Excel* con máximas y mínimas.

Medianoche (Líneas intermedias azules)

**Gráfica *Excel* con trazo de temperaturas extremas diarias (máximas y mínimas):**  
 Línea roja temperaturas interiores  
 y línea azul temperaturas exteriores

\*Mientras en las gráficas de *Works* el **rango de la gráfica** se da automático, en *Excel* pueden modificarse como se desee.

Las gráficas en *Works* (figura 111), cuentan con menos opciones para editar colores y escalas, sin embargo sirven para revisar las diferencias horarias; si comparamos el trazo de esta gráfica, cuyos datos fueron tomados cada media hora con los de las gráficas elaboradas en *Excel* (figura 112), con datos de temperaturas extremas, podemos ver que, si bien se dan variaciones durante los comportamientos horarios, el trazo de las líneas a partir de datos máximos y mínimos es similar<sup>64</sup>.

Ante la imposibilidad de tomar mediciones con intervalos de, al menos, 1 hora para todos los estudios de caso, se realizó la gráfica del CET TUTOR, cuyos datos se obtuvieron en algunos casos cada media hora. Para el resto de las gráficas generales, individuales, agrupadas y comparadas, se continuó trabajando sobre temperaturas máximas y mínimas y las gráficas horarias sirvieron para identificar los horarios en los que durante los días de mediciones se han registrado las temperaturas más altas y más bajas: 5 a 6 horas (mínimas) y 13 a 14 (máximas).

Tal como se aprecia, existen varios momentos del día en los que se presentan crestas y valles que, si bien pueden interpretarse como variaciones, se derivan de pequeños cambios en los sistemas de calentamiento o en posibles ganancias por asoleamiento; no obstante, los datos que sirven para completar la investigación, se resumen en las temperaturas máximas y mínimas registradas durante cada día. Se realizaron tomas aprovechando el registro de máximas y mínimas de los distintos termómetros, con lo cual, los datos pueden graficarse en forma resumida, con el objetivo de encontrar oscilaciones máximas entre los días y las noches.

En la sección de Anexos, se agregan ejemplos de las tablas de datos llenadas a mano (ambos períodos) y de todas las viviendas (estudios de caso)<sup>65</sup>.

#### **5.11.2. Tablas de mediciones y gráficas de referencia**

Una vez seleccionados los datos de temperaturas, estos se agruparon y vaciaron en tablas sintetizadas de máximas y mínimas por día, tanto de espacios interiores como

---

<sup>64</sup> Los horarios de los registros extremos generan las diferencias de las curvas.

<sup>65</sup> En el disco compacto anexo se agregan en pdf los archivos de todas las mediciones.

del referente exterior (y así para cada vivienda). Como puede apreciarse, aparecen en color rojo las temperaturas máximas y en azul las mínimas; de esta forma aparecen codificados en lo subsecuente los datos de los dos períodos de mediciones.

La tabla siguiente corresponde al período de mediciones de invierno<sup>66</sup> y ejemplifica lo anterior:

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIOS	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
ADOBE II	INT			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8	19,9	9,1	27,3	10,1		
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4		
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7		
MADERA I	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1	15,8	6,5	13,1	6,0		
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7

**Tabla 10.** Ejemplo de agrupación de datos.

En cada tabla se anexa su respectiva gráfica, que no sólo sirve para hacer las lecturas individuales, sino que facilita posteriormente las valoraciones sobre diferencias entre los distintos casos de estudio.

De la misma forma que en la elaboración de las tablas, las gráficas se codifican con escalas y criterios idénticos (para ambos periodos de estudio), definidos con base en las zonas de confort definidas y en relación con los métodos de cálculo de la temperatura neutra. Se indican con distintos colores las franjas equivalentes a las zonas de confort<sup>67</sup> y a los límites de temperaturas medidas interiores, superiores (naranjas) e inferiores (azules).

En la figura 113, se plantean los referentes anteriores que son de gran utilidad para enfatizar los límites de temperaturas máximas y mínimas interiores que se analizan adelante sobre cada vivienda o estudio de caso (en forma individual y/o de conjunto).

<sup>66</sup> Para identificar más fácilmente los períodos, las gráficas de invierno aparecen divididas en tonos azules y las de primavera en tonos naranjas.

<sup>67</sup> Para el período de invierno se representa la franja de confort en tonos verdes y para el de primavera, como se verá más adelante, se utilizan tonos naranjas.





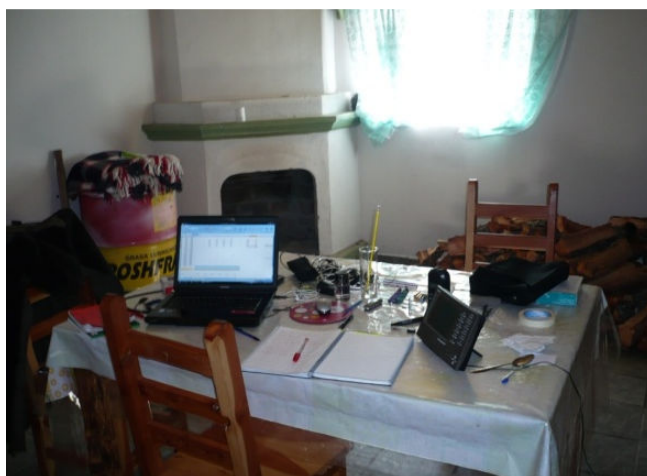
## **6. CAPITULO VI**

## 6.1. Planteamiento general

Definidos todos los componentes de las mediciones —objetivos, sitio, períodos de estudio y viviendas—, se inició la toma de datos el día 26 de enero (día 1 bajo-calentamiento); se llevaron a cabo las primeras lecturas, tanto de los termómetros ubicados en los espacios interiores, como de los montados para mediciones de clima exterior (estaciones meteorológicas).

Las casas elegidas se encuentran separadas entre ellas y por la naturaleza topográfica del sitio presentan diferencias de altitudes de hasta 150 m, con lo cual, se requiere acotar que las mediciones son susceptibles de ser reconsideradas con base en el gradiente térmico.

En tal caso, los datos fueron analizados principalmente en forma individual, es decir, refiriendo diferencias entre temperaturas exteriores e interiores, acotando oscilaciones máximas diurnas y nocturnas, enfocando principalmente los datos numéricos desde un punto de vista cualitativo que permite realizar comparativos generales pero haciendo hincapié en la imposibilidad de validar con un mayor rigor las posibles comparaciones ya que, como se dijo, las múltiples variables impidieron controlar la utilización de los espacios.



**Figura 114.** Área de control CET CONTROL<sup>68</sup>.

---

<sup>68</sup> A partir de este punto, CET TUTOR podrá encontrarse en el texto como CET CONTROL o CET ACCESO, según se refiera al cuarto de mediciones o al cuarto de acceso (cocina).

A continuación, se muestran algunas imágenes de los equipos de medición montados dentro de la casa de la Coordinación Estatal de la Tarahumara (CET TUTOR).



**Figura 115.** Estaciones meteorológicas en jardín casa CET TUTOR.



**Figura 116.** Mini estación meteorológica montada sobre trípode orientada al norte magnético.

## 6.2. El sitio. Referentes de conjunto

Se eligieron ejemplos para cada uno de los tres materiales de construcción de los muros —piedra, madera y adobe—, los cuales se refieren con su inicial, P, M y A, respectivamente.

La elección resultó compleja pues, como ya se ha reiterado, el patrón de asentamiento de los poblados (semi rurales), aún tratándose de superficies pequeñas, genera distancias que al recorrerse a pie no son tan cortas<sup>69</sup>; tal es el caso, que dos de las viviendas escogidas (PI y MI) se localizaron a más de veinte minutos de distancia (en la zona alta de la montaña), con una diferencia de altitud de casi 100 m con el resto de las viviendas localizadas en el valle del poblado.

El principal inconveniente derivado de la ubicación de las viviendas, fue que los intervalos de tomas de temperaturas han sido mayores a los deseados. No obstante, la metodología del experimento fue llevada a cabo con los elementos encontrados.

En el plano que se presenta continuación (figura 117), se sintetizan las ubicaciones de todas las viviendas medidas en los dos períodos de medición. Se anexa, en pequeño, el mismo mapa local de Cusárare con un mayor contraste que el mapa grande (de las viviendas), para aclarar las referencias. Se acota la simbología con colores distintos para la identificación sencilla de todos los casos de estudio.

Es importante agregar que el área que circunscribió todos los casos para estudio es de aproximadamente 1,5 km<sup>2</sup> y la distancia máxima que se presentó entre 2 casos de estudio es de 700 m, con 80 m de diferencia de altitud.

Teniendo en cuenta lo anterior, el recorrido completo hacia todas las viviendas (lecturas y anotaciones manuales) implicó aproximadamente 1 hora durante el período de bajo-calentamiento; en alto-calentamiento, fue menor pues las viviendas más alejadas no se pudieron revisar. En ambos casos, los recorridos se realizaron al menos seis veces al día durante cada uno de los períodos de medición.

---

<sup>69</sup> Para un *rarámuri* pueden ser distancias cortas, pues están acostumbrados caminan diariamente, pero para un ciudadano, sin duda, no lo son.

6.2.1. Plano de ubicación de las viviendas dentro de Cusárare

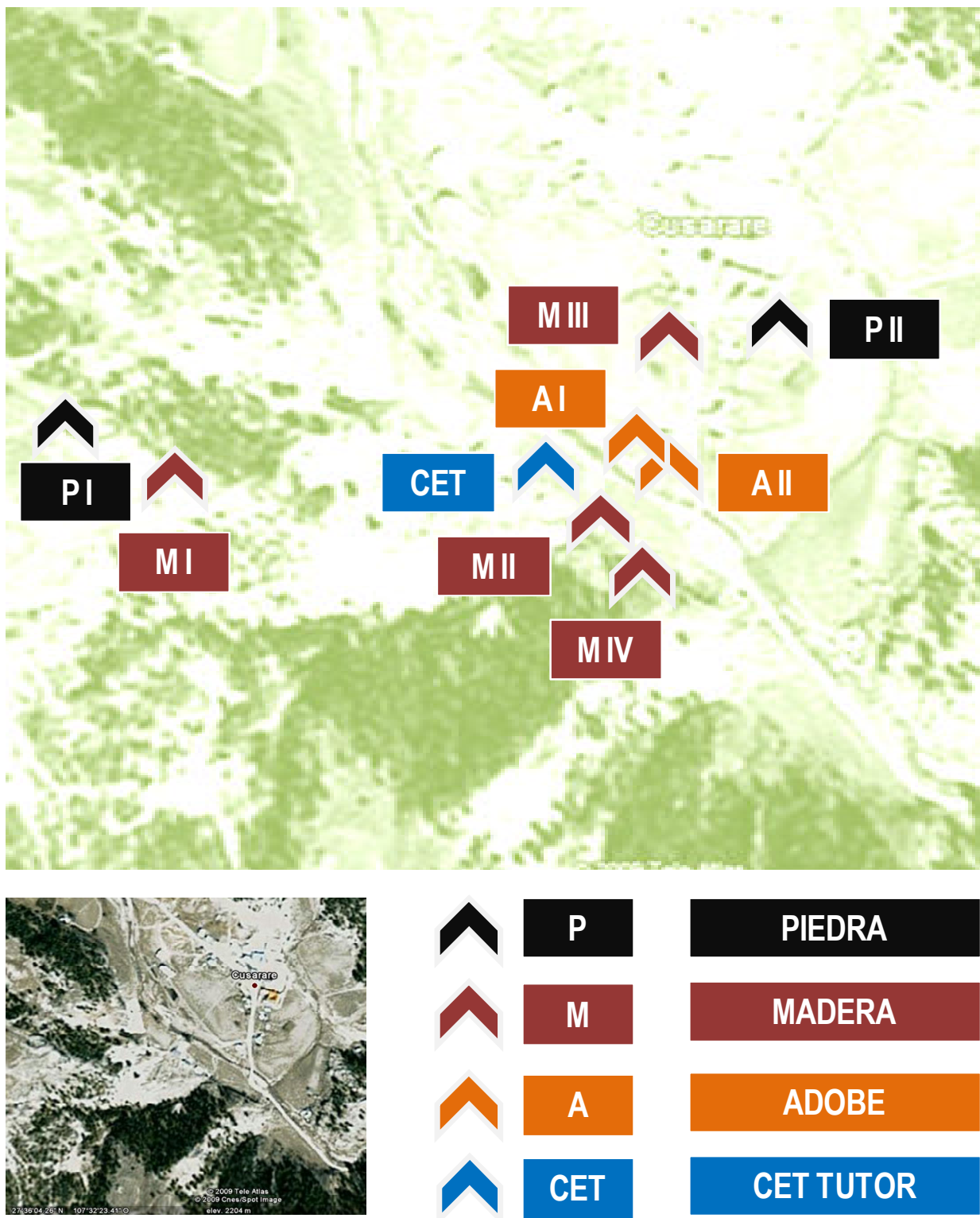


Figura 117. Mapa 1: Ubicación de casos de estudio en Cusárare.

**Nota importante:** La altitud promedio de Cusárare es de 2,200 msnm. Todas las viviendas que han servido como caso de estudio se encuentran en promedio a la misma altitud, a pesar de que el valle en el que se ubica el poblado, cuenta con una pendiente moderada y sólo las viviendas “PIEDRA I” (PI) y “MADERA I” (MI) se ubican a 2,275 msnm en la ladera de una de las montañas de la periferia, ubicada hacia el poniente del poblado.

### **6.3. Inicio de las mediciones**

La obtención de datos climáticos (mediciones) de todos los casos estudiados (viviendas) se realizó en tres formas distintas:

- 1) La mini estación meteorológica, cuyo programa de control permite vaciar datos y graficar tanto en tiempo real como en períodos definidos. Se utilizó para datos exteriores e interiores.
- 2) La estación meteorológica *Davis*, de la que se obtuvieron datos a través de la consola de control y se van tomando las lecturas y vaciando directamente a la computadora. Con este equipo, se obtuvieron simultáneamente datos interiores y exteriores dentro de la vivienda CET.
- 3) Los termómetros de pared ubicados en las viviendas, cuyas lecturas se tomaron con intervalos aproximados de una hora en cuadernos pequeños y de ahí se fueron paulatinamente vaciando igualmente a una hoja de cálculo de *Excel*. Estos termómetros, fueron refiriendo en cada toma de datos las temperaturas máximas y mínimas del intervalo en cuestión, de tal forma, al final de cada período diurno y/o nocturno, se tuvieron las temperaturas extremas que fueron la base de las gráficas particulares y comparativas.

En relación con las mediciones de la vivienda CET TUTOR, dados los recorridos hacia el resto de las viviendas, se presentaron intervalos de hasta una hora y media sin lecturas; en estos casos, se hicieron los complementos en forma matemática (temperaturas medias) para poder completar las tablas y en consecuencia las gráficas.



Este procedimiento no pudo llevarse a cabo en todos los casos para estudio, en virtud de que los períodos sin datos generados eran aun mayores.

Ya se mencionó la ubicación de los medidores en las fichas individuales y en este punto queda por aclararse que el criterio para seleccionar el sitio de ubicación, fue encontrar un punto alejado del calentón y cerca de alguna puerta o ventana, para poder colocar el sensor alámbrico de los termómetros, con el que se hicieron las tomas de datos exteriores.

### **6.3.1. Bajo-calentamiento: mediciones de Invierno –enero–**

Tal como se explicó, las mediciones generales realizadas durante el día y la toma de máximas y mínimas nocturnas, fueron vaciadas en tablas diarias horarias, de las que se sintetizaron los datos de oscilaciones diarias, es decir, máximas y mínimas, y con las que, a su vez, se plasmaron en las tablas que se muestran a continuación.

Se realizaron pruebas sobre la distinta forma de plantear los datos; y se decidió confeccionar una tabla con el día de estudio y las temperaturas máximas y mínimas en las columnas, y la referencia del espacio de medición, con la acotación de interior y exterior, en los renglones; de esta forma, las gráficas quedaron más claramente definidas y fáciles de interpretar y comparar<sup>70</sup>.

#### **6.3.1.1. Datos generales**

Como parte previa a los planteamientos individuales, en la tabla 11 se agrupan los valores de temperaturas máximas y mínimas de todo el período de mediciones y de todos los casos de estudio; a continuación, se agrega su gráfica general correspondiente y en las páginas subsecuentes, se van planteando por separado los datos obtenidos de cada estudio de caso, con sus respectivas tablas y gráficas.

---

<sup>70</sup> Ver en Anexos ejemplos de tablas previas a las que aparecen como definitivas en el cuerpo principal de la tesis.

### 6.3.1.2. Temperaturas interiores y exteriores

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
C E T CONTROL	INT	24,1	17,1	27,0	19,4	22,7	19,4	17,8	16,1	16,7	14,4	20,6	16,1	16,7	16,1
	EXT	3,1	0,3	16,9	3,1	16,1	1,7	13,4	2,7	17,2	2,2	18,3	-3,9	12,8	0,0
C E T ACCESO COCINA	INT	12,0	7,4	12,9	7,3	11,2	7,1	8,6	6,6	8,5	6,4	10,1	6,9	8,1	6,4
	EXT	3,3	0,1	15,3	1,2	15,3	3,6	13,2	0,4	16,6	1,6	17,5	-2,6	12,0	1,0
MINI ESTACION	EXT	19,9	2,6	23,8	1,9	21,1	3,7	13,7	7,2	16,4	2,3	17,8	-2,3	13,7	1,5
ADOBE I	INT		8,9	17,7	8,6	15,4	9,2	15,4	5,2	17,8	6,2	16,3	5,9	14,7	5,2
	EXT		1,4	17,2	0,4	14,4	2,6	12,4	1,7	16,7	-5,1	12,7	-1,6	11,4	1,8
ADOBE II	INT			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8	19,9	9,1	27,3	10,1		
	EXT			17,5	0,2	15,1	1,7	13,5	0,9	10,1	-4,1	21,1	-2,9		
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4		
	EXT			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6	1,5	16,3	-2,5	15,7	-2,6		
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7		
	EXT			16,1	1,8	16,4	0,9	17,2	0,7	18,3	-3,2	17,9	-2,0		
MADERA I	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1	15,8	6,5	13,1	6,0		
	EXT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0	14,9	-2,0	16,7	2,1		
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7
	EXT			17,1	1,9	9,0	2,6	16,2	1,9	15,3	-2,9	21,2	0,3	15,6	0,3
MADERA III	INT				14,3	27,4	14,9	32,1	13,8	27,2	12,3	26,8	13,7		

Tabla 11. Bajo-calentamiento. Datos generales.

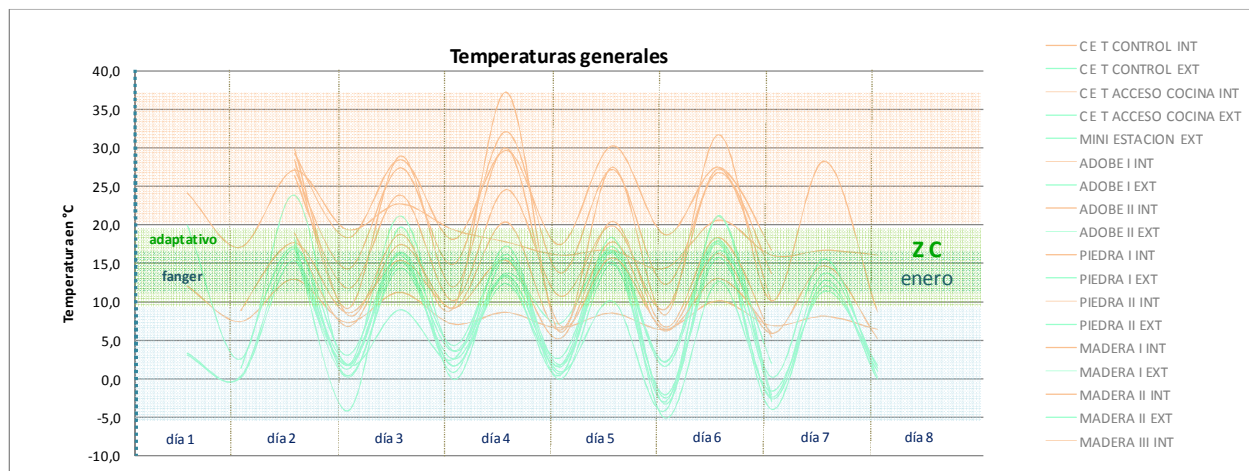


Figura 118. Gráfica Bajo-calentamiento Datos generales.

La gráfica de la figura 118, identifica los dos bloques bien diferenciados de temperaturas exteriores e interiores.

Para ambos grupos, se plantean a continuación tablas y gráficas que son las últimas previas a los referentes particulares de cada vivienda. En el caso de las exteriores se

grafican todos los datos, con uno adicional promediado que es el utilizado más adelante como referente unificado en las gráficas de todos los análisis; también se incluye, en cada caso, la temperatura exterior medida individualmente.

### 6.3.1.3. Temperaturas exteriores

		DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene		21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
C E T CONTROL	EXT	3,1	0,3	16,9	3,1	16,1	1,7	13,4	2,7	17,2	2,2	18,3	-3,9	12,8	0,0	
MINI ESTACION	EXT	19,9	2,6	23,8	1,9	21,1	3,7	13,7	7,2	16,4	2,3	17,8	-2,3	13,7	1,5	
ADOBE I	EXT		1,4	17,2	0,4	14,4	2,6	12,4	1,7	16,7	-5,1	12,7	-1,6	11,4	1,8	
ADOBE II	EXT			17,5	0,2	15,1	1,7	13,5	0,9	10,1	-4,1	21,1	-2,9			
PIEDRA I	EXT			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6	1,5	16,3	-2,5	15,7	-2,6			
PIEDRA II	EXT			16,1	1,8	16,4	0,9	17,2	0,7	18,3	-3,2	17,9	-2,0			
MADERA I	EXT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0	14,9	-2,0	16,7	2,1			
MADERA II	EXT			17,1	1,9	9,0	2,6	16,2	1,9	15,3	-2,9	21,2	0,3	15,6	0,3	
PROMEDIOS		11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9	

Tabla 12. Bajo-calentamiento. Temperaturas generales exteriores.

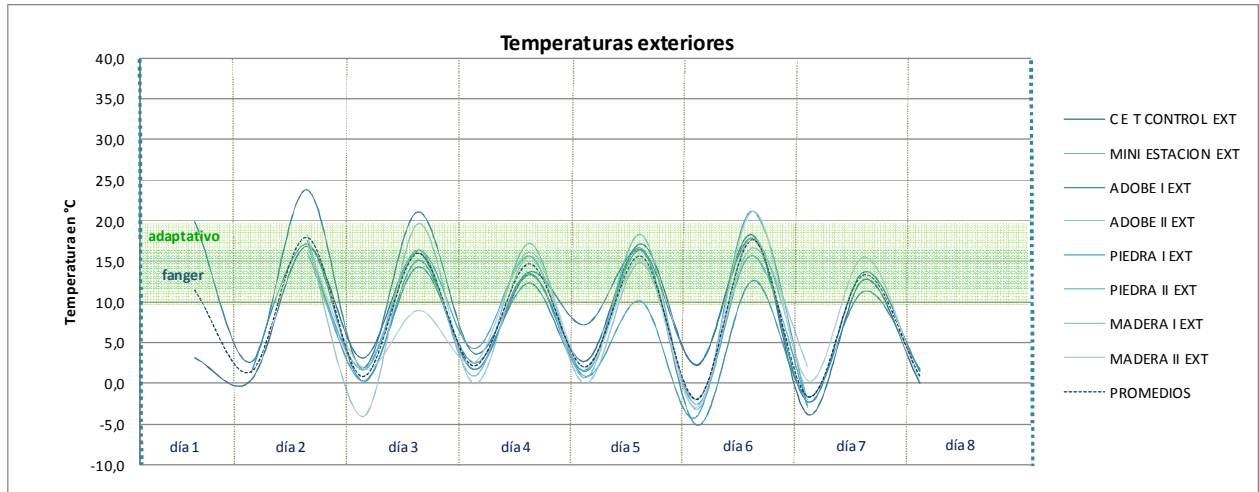
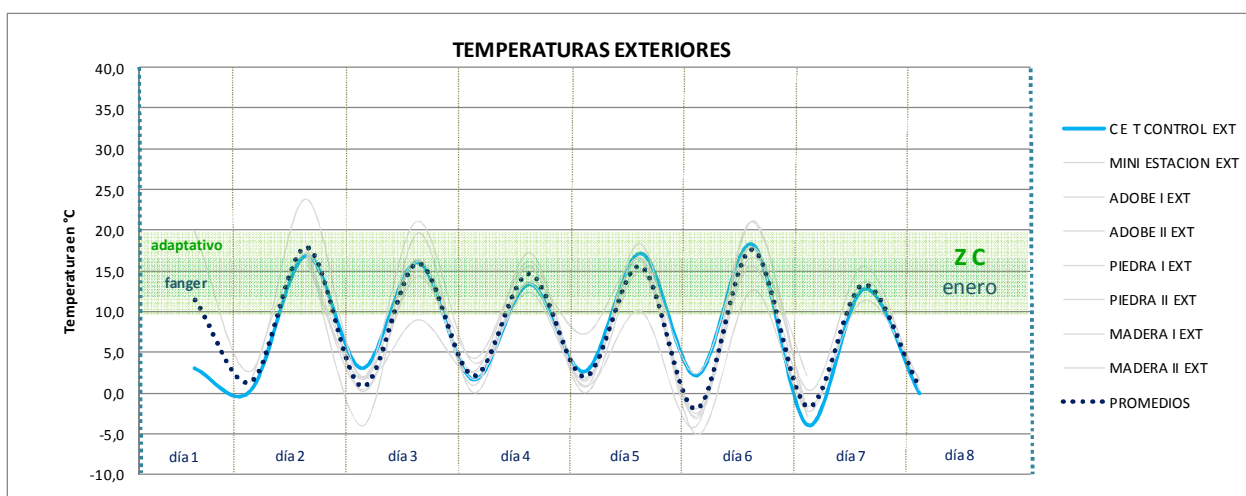


Figura 119. Bajo-calentamiento. Gráfica de temperaturas generales exteriores.

En la gráfica anterior (figura 119), se aprecia que las temperaturas exteriores se ubicaron, la mayor parte del tiempo, por debajo del límite inferior de la zona de confort (adaptativo).

Las variaciones mencionadas se deben a los efectos que el asoleamiento y el viento tienen de manera distinta sobre cada vivienda; la ubicación de los termómetros es el factor que propicia estas diferencias.

A continuación se repite la gráfica anterior, en este caso enfatizando la temperatura exterior de la estación meteorológica *Davis* y la temperatura promediada. Como apoyo comparativo, ésta última se agregará, en forma punteada y más tenue, en las presentaciones de tablas y gráficas individuales de cada estudio de caso.



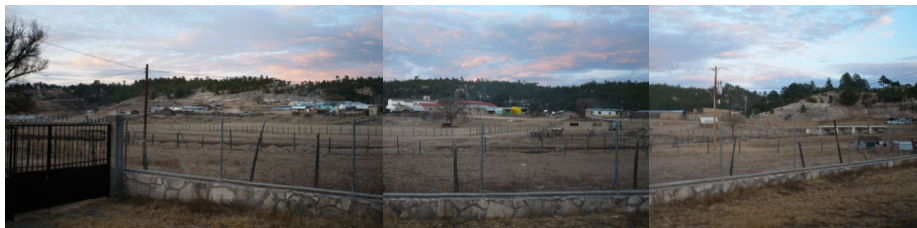
**Figura 120.** Bajo-calentamiento. Gráfica de temperaturas promediadas.

Con el objeto de visualizar mejor el comportamiento climático de las mediciones del período de bajo-calentamiento, a continuación se presenta una serie de fotografías panorámicas matutinas y vespertinas de todos los días de mediciones; para cada bloque se acotan las fechas precisas y los horarios generales (mañana o tarde).

Después de los bloques fotográficos, y de la misma forma que se refiere para las temperaturas exteriores, se plantean agrupadas todas las mediciones interiores de los distintos casos de estudio; nuevamente se hace la acotación de que, si bien no pueden inferirse apreciaciones individuales por la cantidad de datos expuestos en las gráficas, nos sobra esta visualización con todas las temperaturas juntas para apreciar las diferencias que se presentan, a pesar de que la temperatura exterior es obviamente la misma en todos los casos.

#### 6.3.1.4. Referentes fotográficos del clima

20 de enero (día 1). Tarde medio nublada a despejada.



**Figura 121.** Bloque fotográfico Clima Día 1 (20 de enero) vespertina.

21 de enero (día 2). Mañana despejada.



**Figura 122.** Bloque fotográfico Clima. Día 2 (21 de enero) matutina.

21 de enero (día 2). Tarde medio nublada.



**Figura 123.** Bloque fotográfico Clima: Día 2 (21 de enero) vespertina.

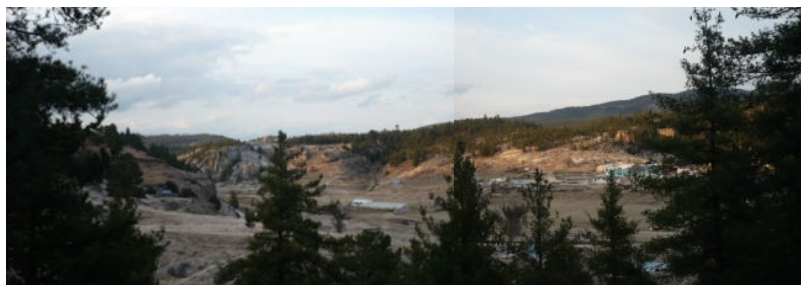
22 de enero (día 3). Mañana nublada.



**Figura 124.** Bloque fotográfico Clima: Día 3 (22 de enero) matutina.



22 de enero (día 3). Tarde nublada.



**Figura 125.** Bloque fotográfico Clima: Día 3 (**22 de enero**) vespertina.

23 de enero (día 4). Mañana nublada.



**Figura 126.** Bloque fotográfico Clima: Día 4 (**23 de enero**) matutina.

23 de enero (día 4). Tarde medio nublada a despejada.



**Figura 127.** Bloque fotográfico Clima: Día 4 (**23 de enero**) vespertina.

24 de enero (día 5). Mañana nublada (día despejado a partir de mediodía).



**Figura 128.** Bloque fotográfico Clima: Día 5 (**24 de enero**) matutina.



24 de enero (día 5). Tarde despejada.



**Figura 129.** Bloque fotográfico Clima: Día 5 (**24 de enero**) vespertina.

25 de enero (día 6). Mañana despejada (todo el día despejado).



**Figura 130.** Bloque fotográfico Clima: Día 6 (**25 de enero**) matutina.

26 de enero (día 7). Mañana despejada.



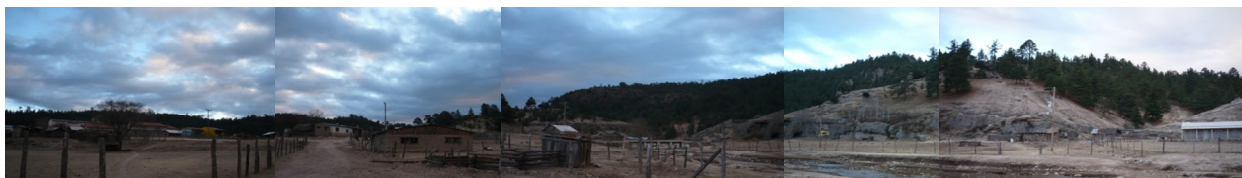
**Figura 131.** Bloque fotográfico Clima: Día 7 (**26 de enero**) matutina.

26 de enero (día 7). Tarde medio nublada.



**Figura 132.** Bloque fotográfico Clima: Día 7 (**26 de enero**) vespertina.

27 de enero (día 7). Mañana nublada.

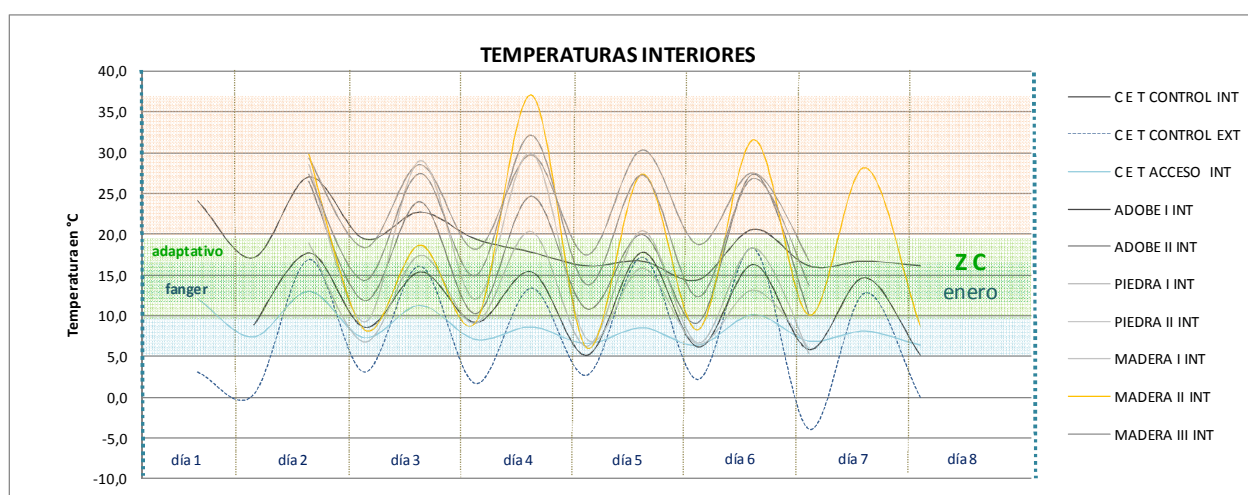


**Figura 133.** Bloque fotográfico Clima: Día 8 (**27 de enero**) matutina.

### 6.3.1.5. Temperaturas interiores generales

		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8
		20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
C E T CONTROL	INT	24,1	17,1	27,0	19,4	22,7	19,4	17,8	16,1
	EXT	3,1	0,3	16,9	3,1	16,1	1,7	13,4	2,7
C E T ACCESO	INT	12,0	7,4	12,9	7,3	11,2	7,1	8,6	6,6
ADOBE I	INT		8,9	17,7	8,6	15,4	9,2	15,4	5,2
ADOBE II	INT			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4
MADERA I	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1
MADERA III	INT				14,3	27,4	14,9	32,1	13,8

**Tabla 13.** Bajo-calentamiento. Temperaturas interiores generales.



**Figura 134.** Bajo-calentamiento. Temperaturas generales.

Como puede observarse, se enfatizan en color amarillo y azul los casos de estudio con las temperaturas más alta y más baja, que corresponden a “MADERA IV” y “CET ACCESO” respectivamente.

El resto de los trazos, plantea que las características propias de los materiales y el uso particular de los espacios, ha generado mediciones divergentes e irregulares entre sí que, a partir de las páginas siguientes, podrán revisarse en los planteamientos individuales de todos los estudios de caso.

6.3.1.6. Tablas y gráficas individuales

Además de los referentes indicados, se acotan las oscilaciones máximas y mínimas, indicadas con flechas y su valor correspondiente, de acuerdo con la simbología que aparece al lado derecho de la gráfica. Del lado izquierdo, aparecen más tenues indicadores (color rosa y azul claro) sobre diferenciales máximos por encima y por debajo de la zona de confort (indicadores K redondeados en números enteros).

6.3.1.6.1. Vivienda CET TUTOR

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene						
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
C E T CONTROL	INT	24,1	17,1	27,0	19,4	22,7	19,4	17,8	16,1	16,7	14,4	20,6	16,1	16,7	16,1
	EXT	3,1	0,3	16,9	3,1	16,1	1,7	13,4	2,7	17,2	2,2	18,3	-3,9	12,8	0,0
C E T ACCESO	INT	12,0	7,4	12,9	7,3	11,2	7,1	8,6	6,6	8,5	6,4	10,1	6,9	8,1	6,4
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9

Tabla 14. Bajo-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.

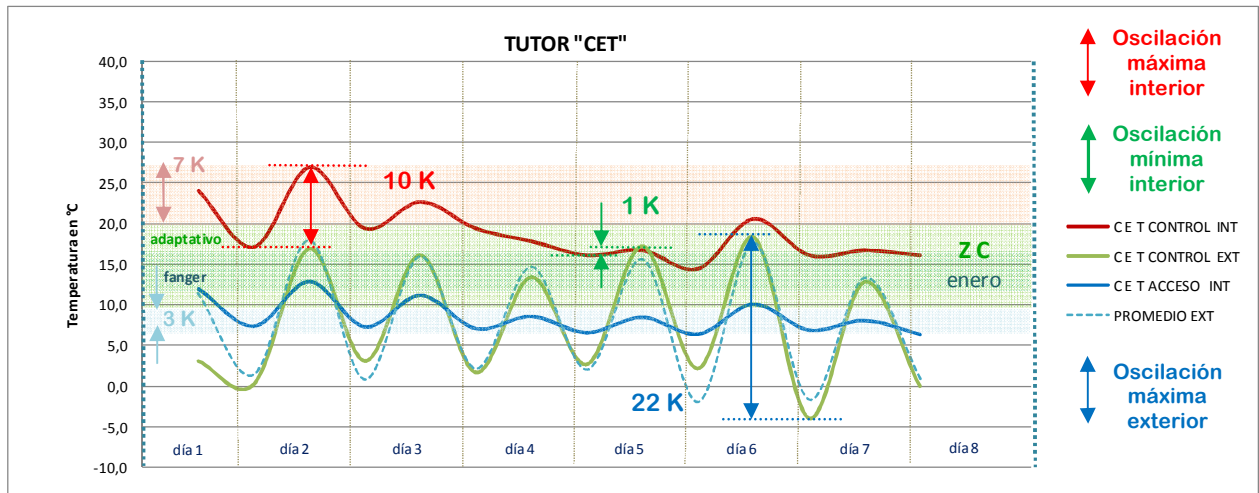


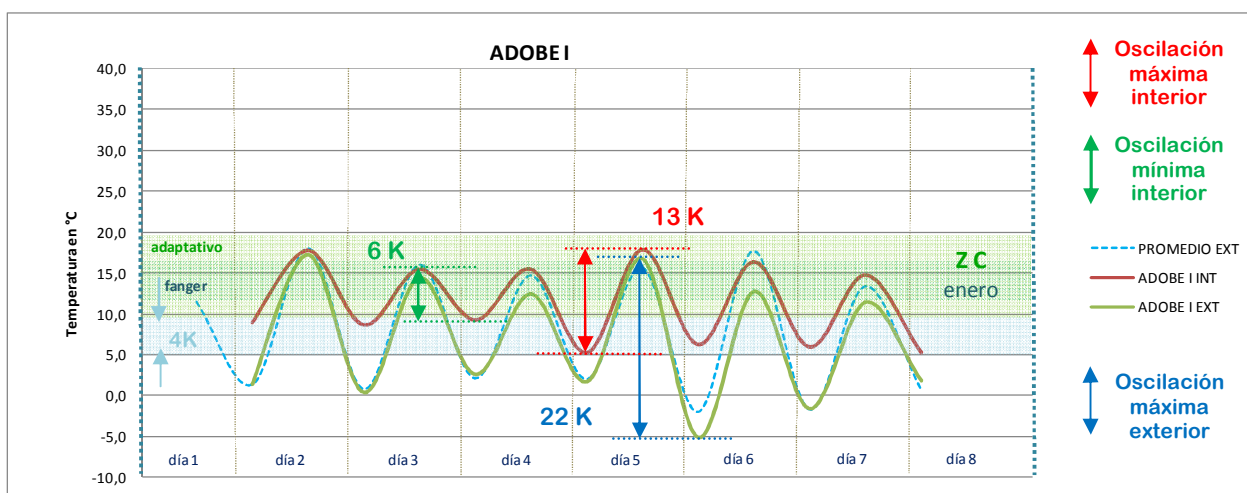
Figura 135. Bajo-calentamiento CET TUTOR. Gráfica de temperaturas individuales.

Comportamiento general homogéneo con oscilaciones menores a 10K; es destacable el descenso paulatino de CET CONTROL, del día 3 al día 6, período en el que intencionalmente se apagó la chimenea. El único incremento se da por inercia térmica durante los horarios diurnos del día 5. La oscilación menor es 21K en CET CONTROL, y se presenta justo en la zona de confort.

### 6.3.1.6.2. ADOBE I

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
ADOBE I	INT		8,9	17,7	8,6	15,4	9,2	15,4	5,2	17,8	6,2	16,3	5,9	14,7	5,2
	EXT		1,4	17,2	0,4	14,4	2,6	12,4	1,7	16,7	-5,1	12,7	-1,6	11,4	1,8

**Tabla 15.** Bajo-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.



**Figura 136.** Bajo-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.

Se aprecia un comportamiento de temperaturas interiores con tendencias paralelas a las exteriores, aunque estas últimas presentaron oscilaciones mayores y valores por debajo de las temperaturas promediadas, debido a la ubicación más libre y expuesta al viento de esta vivienda.

No se presentó alguna temperatura interior por encima del límite superior de la zona de confort.

6.3.1.6.3. ADOBE II<sup>71</sup>

		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
		20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7
	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3
PIEDRA I	EXT			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6
	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3
	EXT			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6
	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3

Tabla 16. Bajo-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.

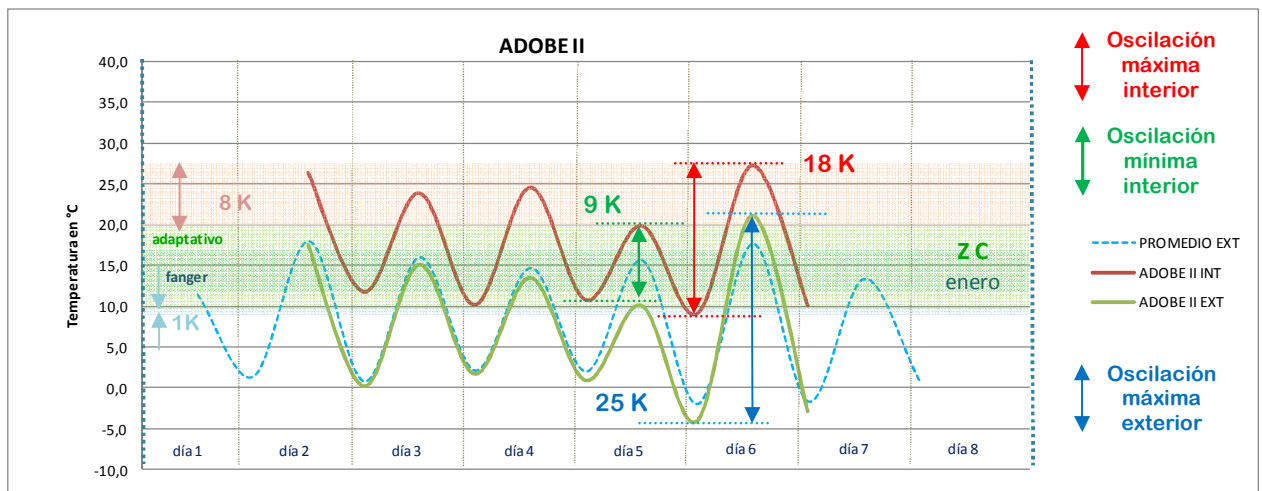


Figura 137. Bajo-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.

Temperaturas superiores a las presentadas en el cuarto anexo (ADOBE I), con valores por encima del límite superior de la zona de confort, pero también con oscilaciones mayores derivadas de ganancias internas (calentamiento activo).

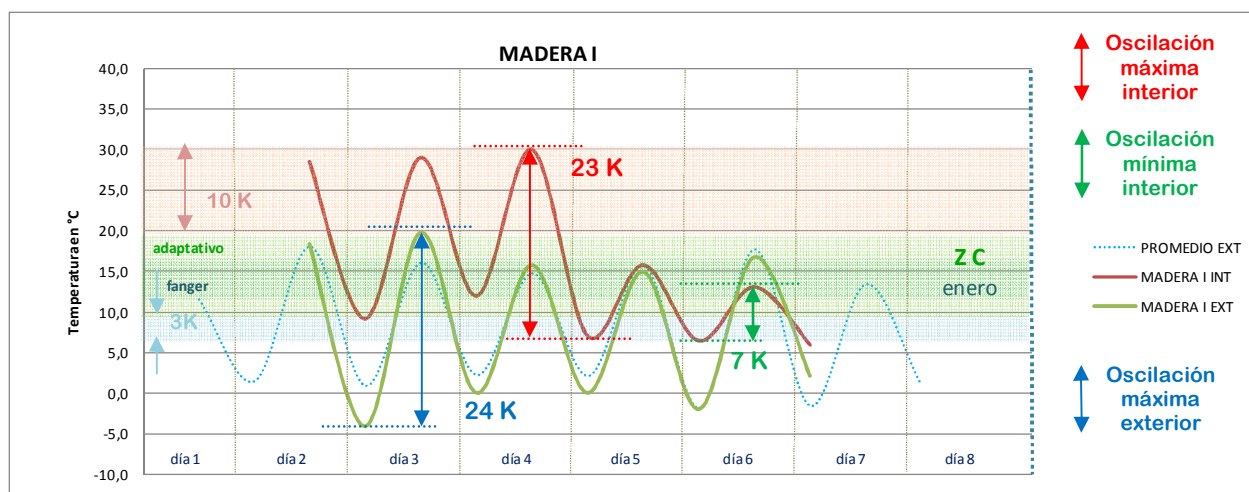
Las temperaturas interiores registradas durante todo el período de medición, estuvieron sostenidas por el uso del calentón; además, la masividad propia del adobe propició que, durante los horarios de temperaturas exteriores más altas, se registraran temperaturas hasta 8K por encima el límite superior de la zona de confort.

<sup>71</sup> Recordar que la vivienda Adobe II es el cuarto anexo a Adobe I y no cuenta con algún sistema activo de calefacción.

#### 6.3.1.6.4. MADERA I

		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8
		20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1
	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1
MADERA I	EXT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0
	INT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0
	EXT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0
	INT			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0

**Tabla 17.** Bajo-calentamiento MADERA I. Temperaturas individuales.



**Figura 138.** Bajo-calentamiento MADERA I. Temperaturas individuales.

Comportamiento oscilatorio e irregular, con diferencias de casi 23K entre máxima y mínima de un mismo día, y sobrecalentamiento durante varios lapsos provocado por la calefacción activa (temperaturas que durante un mismo día recorren toda la zona de confort).

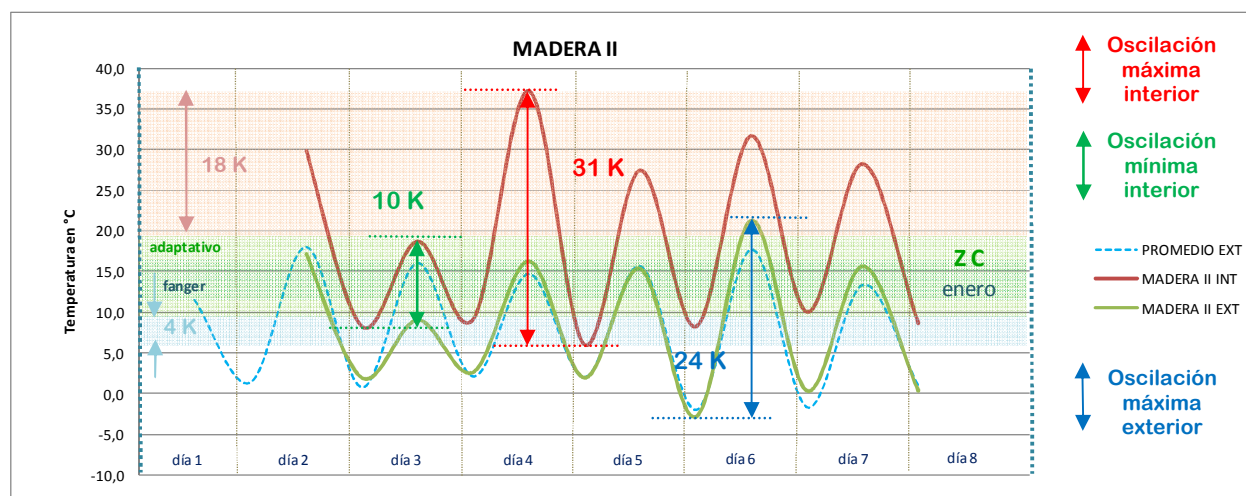
Puede apreciarse que durante los días 5 y 6, se presentó un descenso de temperatura interior, esto debido a que la vivienda quedó desocupada y, al no contar con el calentamiento asistido, las temperaturas se ubicaron la mayor parte del tiempo por debajo del límite inferior de la zona de confort, salvo en algunos lapsos en los que aumentó la temperatura interior, en función de los incrementos del exterior.



### 6.3.1.6.5. MADERA II

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene						
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7
	EXT			17,1	1,9	9,0	2,6	16,2	1,9	15,3	-2,9	21,2	0,3	15,6	0,3

**Tabla 18.** Bajo-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.



**Figura 139.** Bajo-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.

En la figura 139 se aprecian los comportamientos muy irregulares, con oscilaciones interiores de hasta 31K (la más alta de todos los casos de estudio).

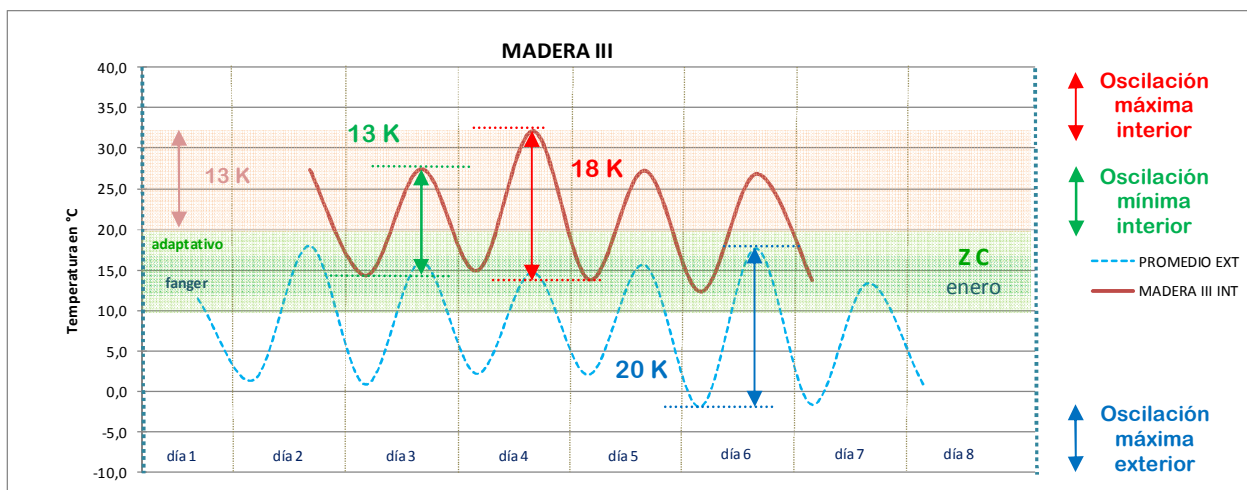
La calefacción asistida (radiación del calentón), aunada al calor específico de la madera delgada de esta vivienda, generaron problemas de sobre calentamiento durante períodos prolongados del día y, al mismo tiempo, temperaturas frías (ubicadas en el límite inferior de la zona de confort) durante las noches y madrugadas.

En este estudio de caso se presentaron enormes variantes durante varios lapsos del día.

### 6.3.1.6.6. MADERA III

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MI
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
MADERA III	INT			27,3	14,3	27,4	14,9	32,1	13,8	27,2	12,3	26,8	13,7		

**Tabla 19.** Bajo-calentamiento MADERA III. Temperaturas individuales.



**Figura 140.** Bajo-calentamiento MADERA III. Temperaturas individuales.

El procedimiento constructivo y materiales de esta vivienda generaron un mayor aislamiento y por lo tanto condiciones más homogéneas. La cubierta bien terminada, que cuenta con tablones de madera gruesos y torta de tierra, trabajando en conjunto con los muros de troncos y terminado de ripio, propiciaron una mayor inercia térmica que favoreció el comportamiento de la temperatura interior.

En cualquier caso, se alcanzaron oscilaciones de hasta 18K, en períodos importantes por encima del límite superior de la zona de confort, aun considerando que la habitación medida no contaba con calentón.

6.3.1.6.7. PIEDRA I

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4		
	EXT			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6	1,5	16,3	-2,5	15,7	-2,6		

Tabla 20. Bajo-calentamiento PIEDRA I. Temperaturas individuales.

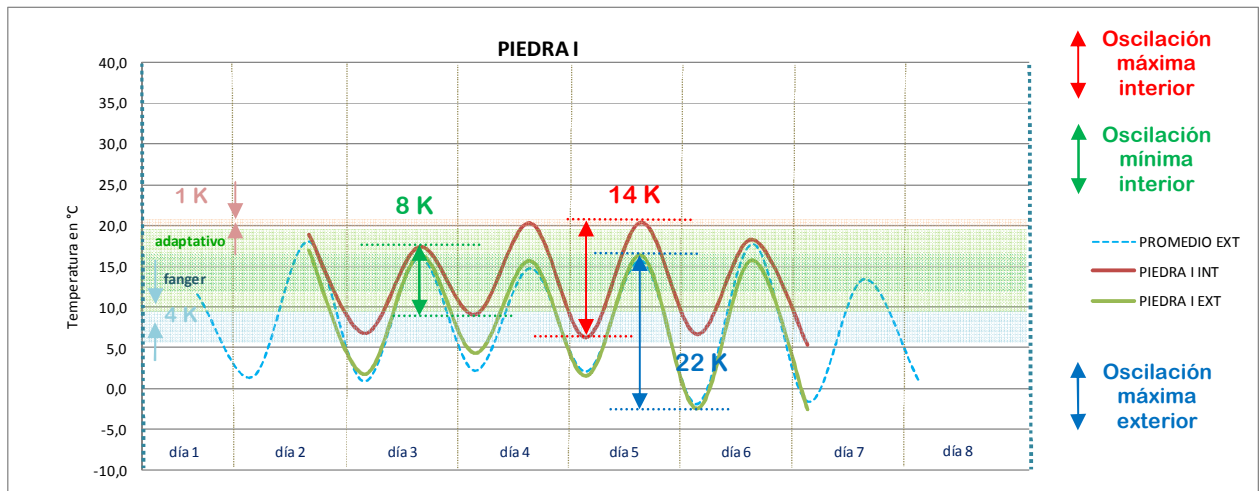


Figura 141. Bajo-calentamiento PIEDRA I. Temperaturas individuales.

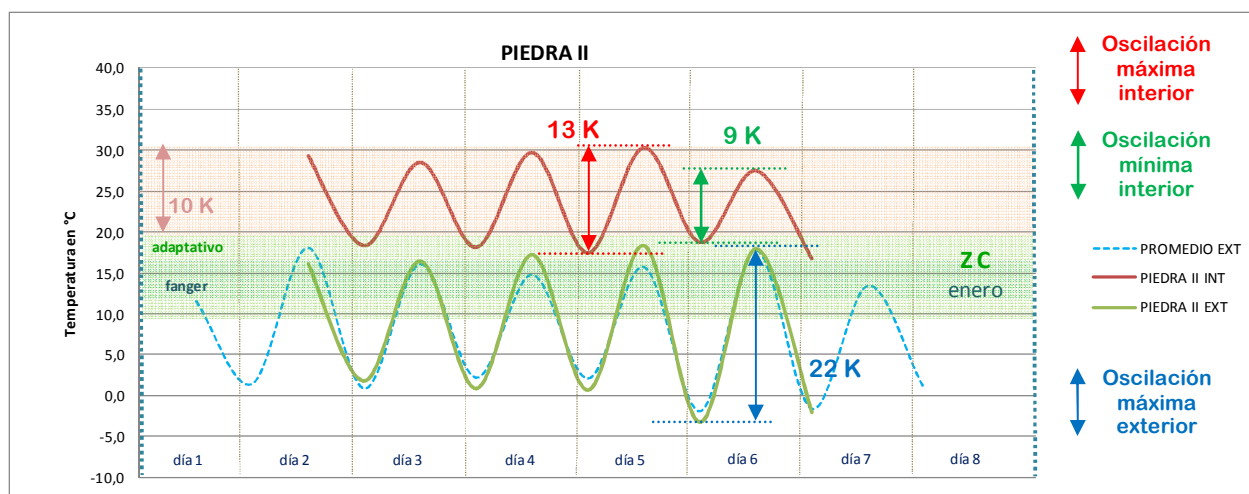
Comportamiento relativamente homogéneo que, al contar con calentamiento activo durante todos los días de medición, propició temperaturas interiores en zona de confort, aunque con períodos diarios matutinos en los que las condiciones deficientes de conservación de la vivienda (huecos) desfavorecieron el retardo térmico propio de la piedra y se propiciaron dos situaciones desfavorables: consumo excesivo de leña para calentar los espacios, y variaciones de temperatura superiores a las normales esperadas de este sistema constructivo (oscilaciones térmicas diarias de hasta 14K).

El sistema tradicional constructivo es adecuado, pero en muy mal estado de conservación por tratarse de una vivienda de casi un siglo de vida y con deficiente mantenimiento.

### 6.3.1.6.8. PIEDRA II

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIO	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7		
	EXT			16,1	1,8	16,4	0,9	17,2	0,7	18,3	-3,2	17,9	-2,0		

**Tabla 21.** Bajo-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.



**Figura 142.** Bajo-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.

Comportamiento regular y homogéneo, aunque sostenido por el calentamiento activo del calentón. Oscilaciones diarias de hasta 13K.

En ningún momento la temperatura mínima interior se ubicó por debajo de las temperaturas exteriores máximas, lo cual evidencia la conductividad térmica del material, el sistema constructivo y buen estado de conservación de la vivienda.

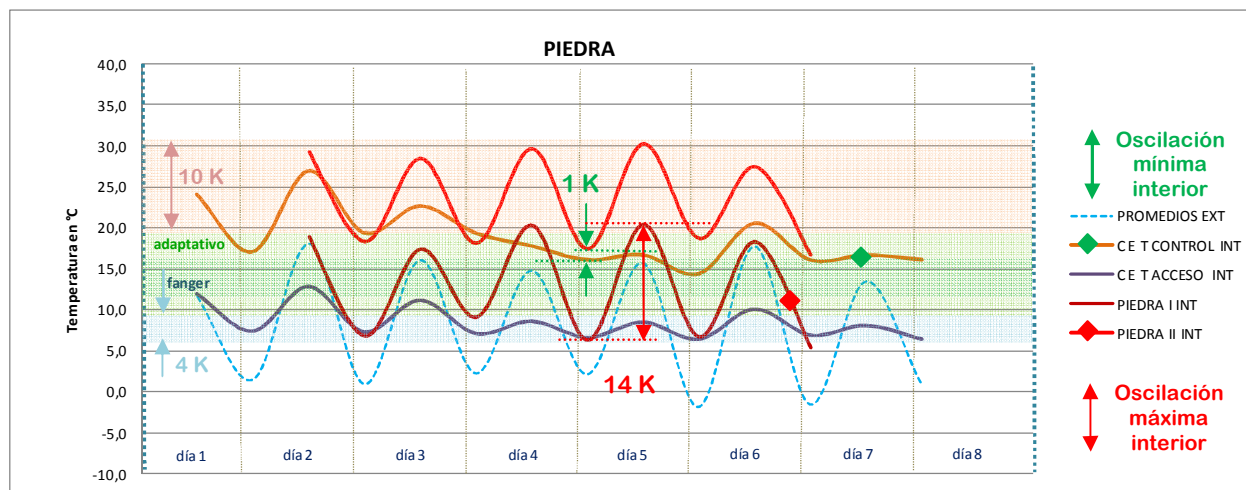
A pesar de estas ventajas, el uso inadecuado del calentón generó ganancias internas con un sobrecalentamiento permanente, con excepción de períodos breves (matutinos) en los que las temperaturas más bajas, aun en este caso, se ubicaron en los límites superiores de las zonas de confort.

### 6.3.1.7. Agrupación por materiales

#### 6.3.1.7.1. PIEDRA

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIOS	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
C E T CONTROL	INT	24,1	17,1	27,0	19,4	22,7	19,4	17,8	16,1	16,7	14,4	20,6	16,1	16,7	16,1
C E T ACCESO	INT	12,0	7,4	12,9	7,3	11,2	7,1	8,6	6,6	8,5	6,4	10,1	6,9	8,1	6,4
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4		
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7		

**Tabla 22.** Bajo-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.



**Figura 143.** Bajo-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.

Son evidentes los dos pares de tendencias paralelas, correspondientes a las mediciones de CET (CONTROL y ACCESO) por un lado, y PIEDRA I - PIEDRA II por el otro. Mientras en CET CONTROL fue prendida la chimenea los días 1 y 2, y deliberadamente apagada de los días 3 al 6, CET ACCESO se comportó en forma paralela, aunque en promedio 10K por debajo, no sólo por no contar con calentamiento activo, sino por estar ubicada en la orientación más desfavorable de la vivienda (norte).

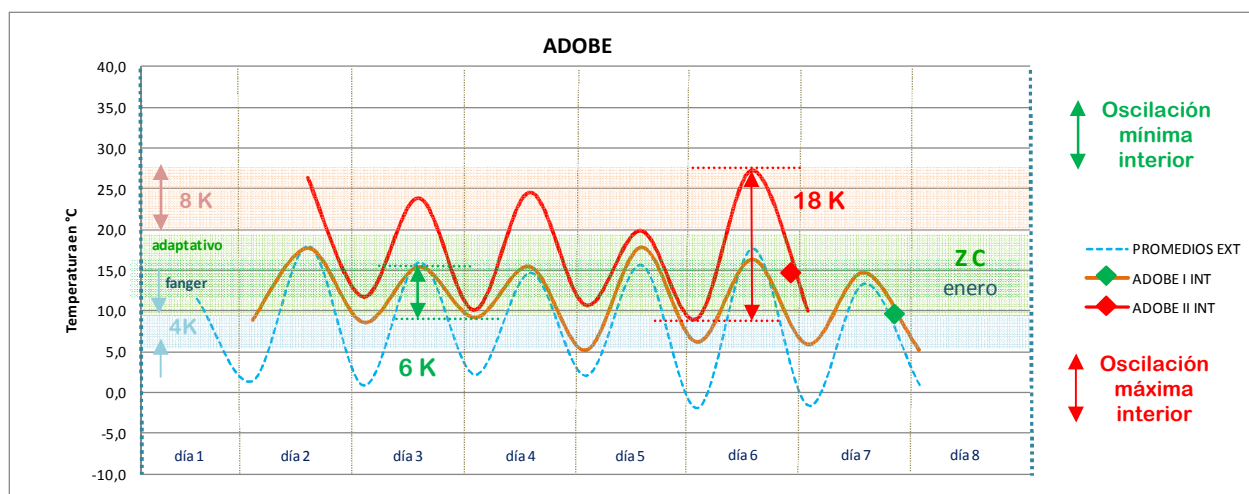
Por su parte, PIEDRA I y PIEDRA II presentaron datos paralelos, aunque con 9K de diferencia entre ambos, debido a los distintos estados de conservación.

En cualquier caso se aprecia que fue la piedra el material más estable y favorable.

### 6.3.1.7.2. ADOBE

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIOS	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
ADOBE I	INT		8,9	17,7	8,6	15,4	9,2	15,4	5,2	17,8	6,2	16,3	5,9	14,7	5,2
ADOBE II	INT			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8	19,9	9,1	27,3	10,1		

**Tabla 23.** Bajo-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.



**Figura 144.** Bajo-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.

Comportamientos irregulares con temperaturas inestables y oscilaciones térmicas que fueron de 6K a 18K, correspondientes a ADOBE I Y ADOBE II respectivamente.

Mientras ADOBE I se ubicó dentro del rango de confort y ligeramente por debajo del límite inferior del mismo, ADOBE II presentó problemas de sobrecalentamiento originados por el sistema activo (calentón).

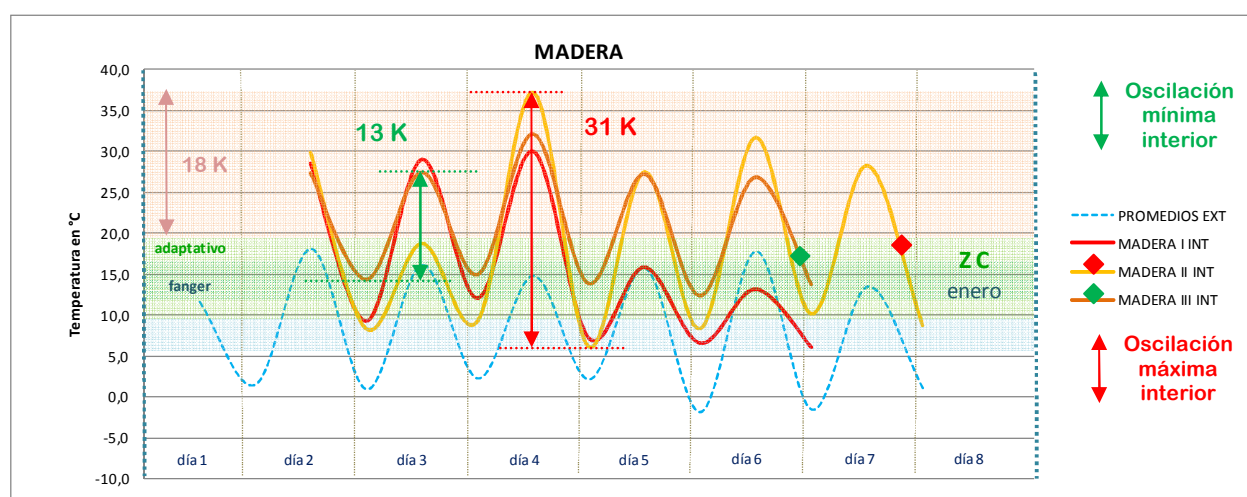
La conductividad térmica y el calor específico del adobe demandan un mayor cuidado, no sólo ante las posibles ganancias internas por uso del espacio, sino por las incidencias directas por la exposición a los asoleamientos.



### 6.3.1.7.3. MADERA

		DIA 1	DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene		22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
PROMEDIOS	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9
MADERA I	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1	15,8	6,5	13,1	6,0		
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7
MADERA III	INT			27,3	14,3	27,4	14,9	32,1	13,8	27,2	12,3	26,8	13,7		

**Tabla 24.** Bajo-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.



**Figura 145.** Bajo-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.

Comportamientos inestables y variantes, sobre todos en los casos MADERA I y MADERA II, que presentaron oscilaciones térmicas diarias muy elevadas (hasta 31K). También se reiteran los problemas de sobre-calentamiento derivados de la cocción (sistema activo); aunque MADERA III fue más regular dado su sistema constructivo con una mayor inercia térmica, en cualquiera de los tres casos se rebasaron los límites superiores de la zona de confort.

En relación con la oscilación interior menos desfavorable, si bien correspondió a MADERA II con 10K (ver figura 139), en esta gráfica se presenta la de MADERA III (13K) como el caso más favorable de todas las viviendas de madera, ya que, como se dijo antes, el menor diferencial de MADERA II se debió a que esta vivienda quedó deshabitada y por lo tanto su calentón se mantuvo apagado.

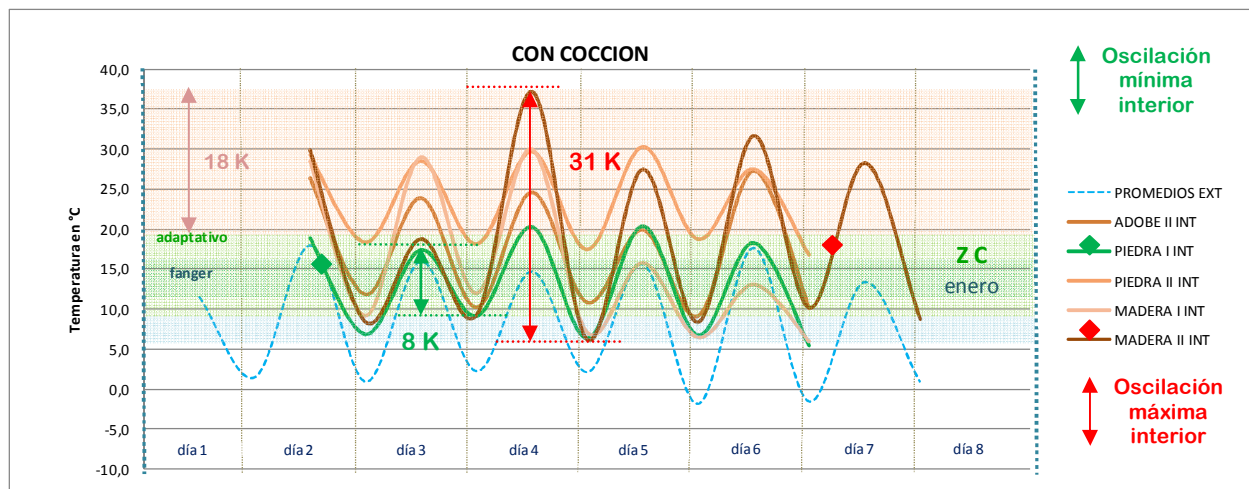
### 6.3.1.8. Agrupación por uso del espacio

#### 6.3.1.8.1. Espacios con cocción

Por último se agruparon todos los espacios en los que se cocinó con el típico calentón de lámina y acero.

		DIA 1	DIA 2			DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
		20-ene	21-ene			22-ene		23-ene		24-ene		25-ene		26-ene		27-ene
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
PROMEDIOS	EXT	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9	
ADOBE II	INT			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8	19,9	9,1	27,3	10,1			
PIEDRA I	INT			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4			
PIEDRA II	INT			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7			
MADERA I	INT			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1	15,8	6,5	13,1	6,0			
MADERA II	INT			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7	

**Tabla 25.** Bajo-calentamiento Espacios agrupados con cocción.



**Figura 146.** Bajo-calentamiento Espacios agrupados con cocción.

Es evidente que se esta actividad diaria fue la principal causante de los movimientos térmicos oscilatorios y el descontrol sobre los niveles de temperatura interiores.

Es cierto que se registraron temperaturas dentro de los rangos de confort, pero siempre mediante la climatización activa del calentón y, por lo tanto, en forma ineficiente y poco controlable.

### 6.3.2. Alto-calentamiento: mediciones de primavera

#### 6.3.2.1. Datos Generales

Como se mencionó en el análisis bioclimático del capítulo IV, los problemas de *disconfort* térmico de junio (mes más cálido) no son de consideración si se comparan con los del período más frío del invierno. Sin embargo, habiendo realizado las mediciones de enero (único período inicialmente previsto para efectuar mediciones), y ante los problemas hallados sobre ganancias internas en todos los estudios de caso, se decidió completar la investigación con un segundo período de mediciones, en el que nuevamente se contó con la casa de la Coordinación Estatal de la Tarahumara (CET TUTOR) como apoyo fundamental del experimento.

Se ha mencionado también que, ante los condicionantes generales hallados, los objetivos de las mediciones se centraron en sintetizar oscilaciones térmicas diarias (máximas y mínimas) de interiores y exteriores.

Sin embargo, tal como sucedió durante las primeras mediciones, se decidió documentar al menos una corrida de mediciones con intervalos de 1 hora (CET CONTROL), pues de esta forma se apreciaron las variaciones bruscas de temperaturas que, como ha podido revisarse, no sólo se deben al comportamiento del clima exterior (despejados y nublados) sino a las ganancias internas (iluminación, calentamiento, equipos y ocupantes).

A continuación, se presentan dos ejemplos de gráficas con intervalos horarios (figuras 145 y 146), en las que se aprecian las diferencias y similitudes entre graficar datos horarios y datos extremos (utilizados en todos los análisis de todos estudios de caso). La graficación corresponde a los siete días de mediciones de la vivienda CET TUTOR, de los cuales se utiliza una fracción de 24 horas para mostrar la tabla de datos número 26.

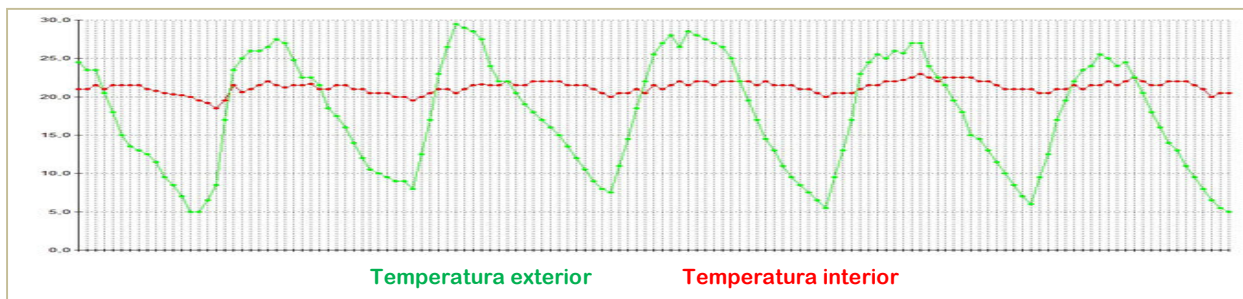
Pueden apreciarse las distintas opciones que ofrece cada hoja de cálculo (*Works* y *Excel*), siendo la segunda la que nuevamente se utilizó por contar con una gama mucho mayor de opciones de edición y manejo de gráficos.

#### 6.3.2.1.1. Ejemplo de tabla de datos y gráficas horarias CET CONTROL

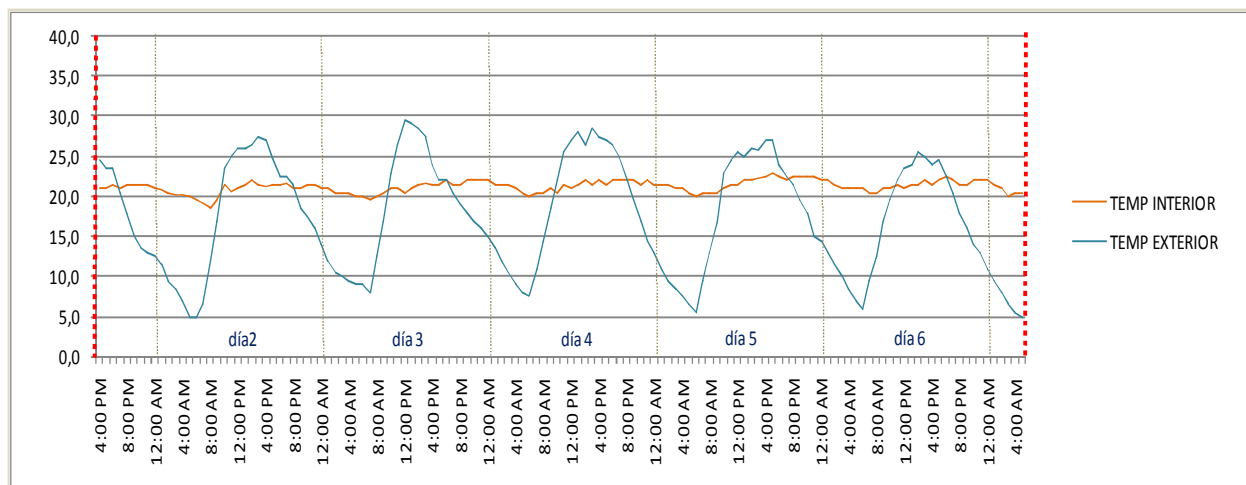


**Tabla 26.** Alto-calentamiento, datos horarios de una fracción de la hoja de cálculo.

En la tabla 26, se expresan datos correspondientes a sólo una fracción de los graficados en la figura 147, que refieren los siete días de mediciones. La hoja de cálculo cuenta con más de 170 celdas, por lo cual sólo se presenta una fracción.



**Figura 147.** Alto-calentamiento Gráfica de temperaturas horarias de los siete días de medición (*Microsoft Works*).



**Figura 148.** Alto-calentamiento Gráfica de temperaturas horarias (*Microsoft Excel*).

Una vez más, se recuerda que, desafortunadamente, fue imposible realizar este tipo de gráficas para todos los estudios de caso, debido a los factores limitantes del sitio (distancias entre viviendas) y los equipos utilizados (lecturas manuales); es lógico que de haber contado con equipos que permitieran registrar series de datos más continuos, podrían haberse realizado valoraciones más detalladas sobre retardo térmico y conductividad de los materiales.

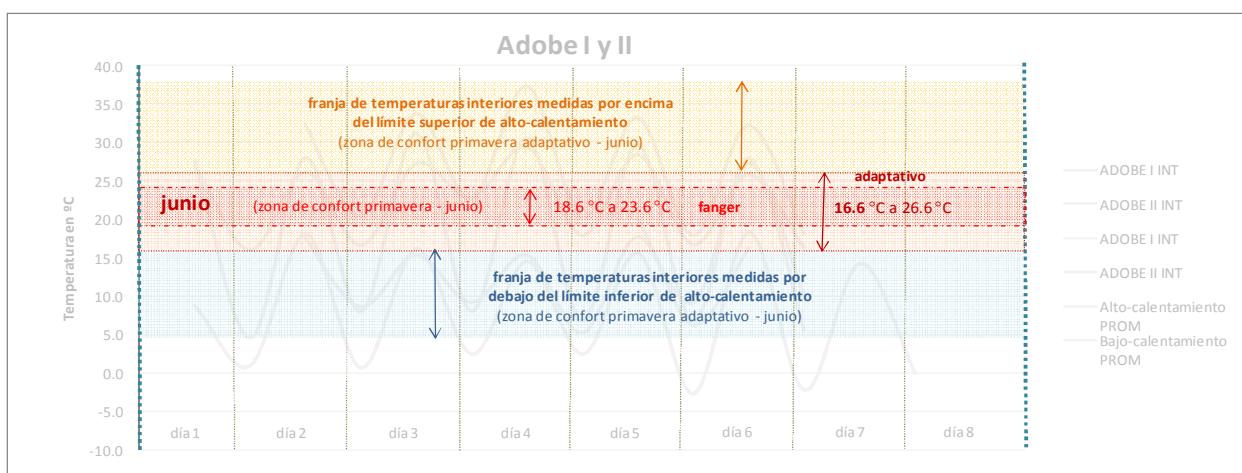
#### 6.3.2.1.2. Organización y graficación de Alto-calentamiento

Mediante el mismo ordenamiento de datos utilizado para el período de bajo-calentamiento, a continuación se presenta la gráfica base que servirá para el análisis de datos del segundo período de mediciones (figura 149). Después, se presentan los grupos de datos generales de temperaturas exteriores e interiores (tablas 27 y 28) —acompañadas de sus respectivas sus gráficas— y apoyadas con los bloques fotográficos del clima, para continuar con los estudios de caso individuales que concluyen el presente capítulo.

Las gráficas del período de alto-calentamiento, presentan como referente las zonas de confort de junio (Fanger y adaptativo) y nuevamente se apoya la imagen con dos áreas sombreadas en distintos colores (naranja y azul) para indicar las franjas de temperaturas interiores medidas por encima y debajo de los rangos definidos.

Como puede apreciarse, también se utiliza una codificación de tonalidades distintas (naranjas) que permite diferenciar este período (primavera), del abordado anteriormente —invierno—, en el que se utilizaron tonos azules y grises.

Por último, se acota que, durante el período de alto-calentamiento, no pudieron tomarse mediciones de las viviendas nombradas como MADERA I, MADERA III y PIEDRA I, por no encontrarse los propietarios en ellas<sup>72</sup>.



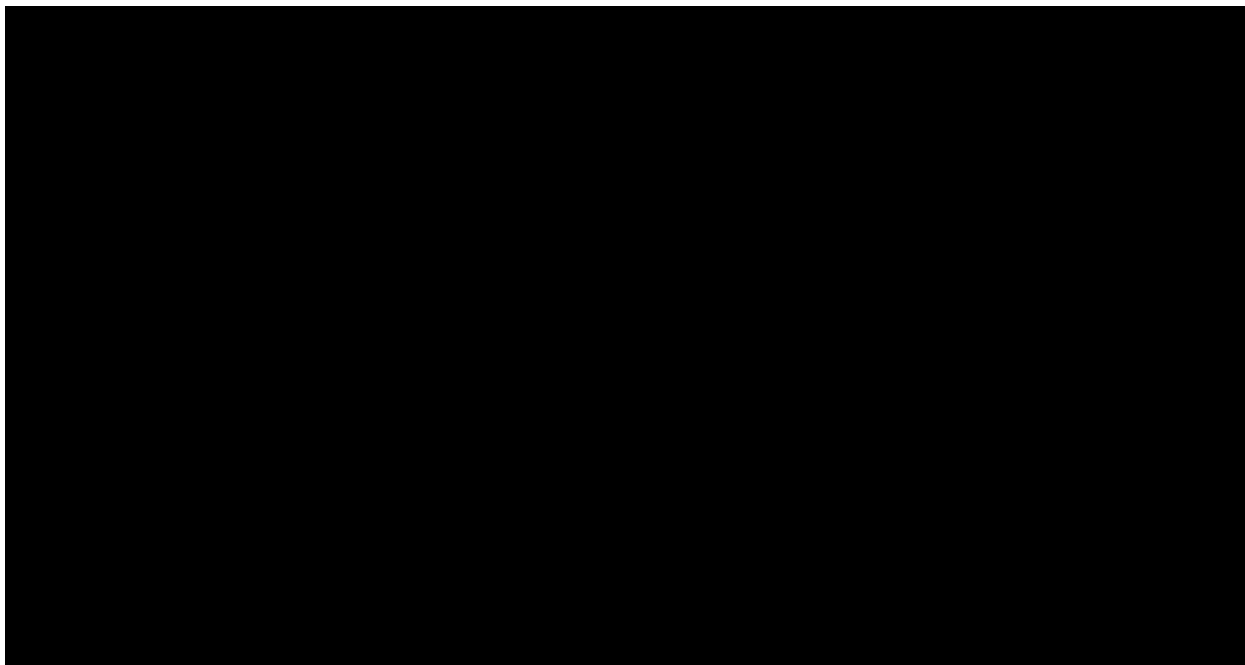
**Figura 149.** Alto-calentamiento. Gráfica muestra

<sup>72</sup> No sobra recordar la conocida movilidad estacional en la que están inmersos los *rarámuris*.

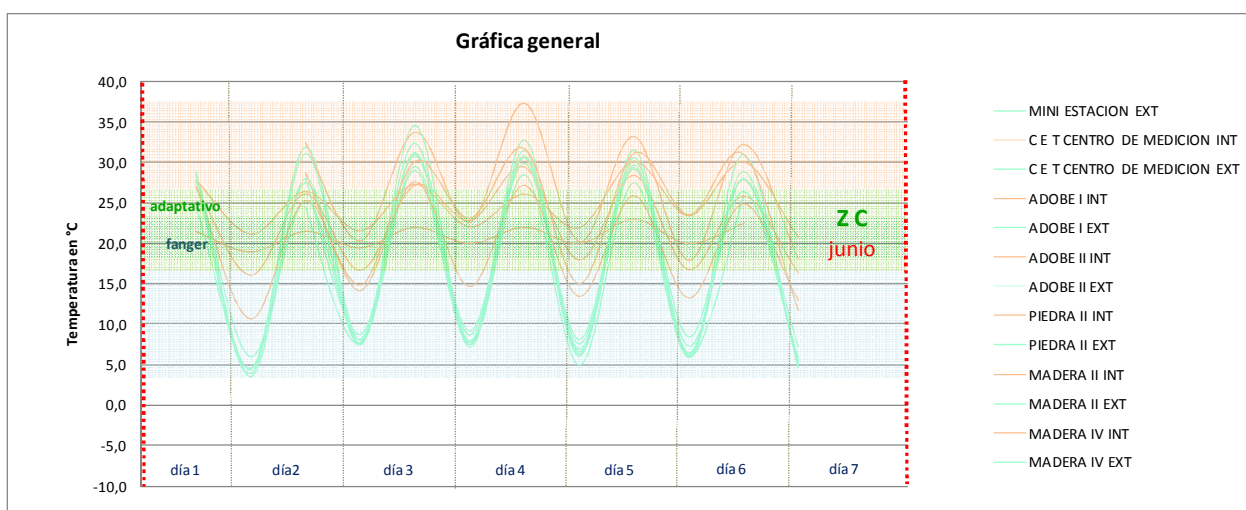




### 6.3.2.1.3. Tabla general de temperaturas interiores y exteriores



**Tabla 27.** Alto-calentamiento Datos generales.



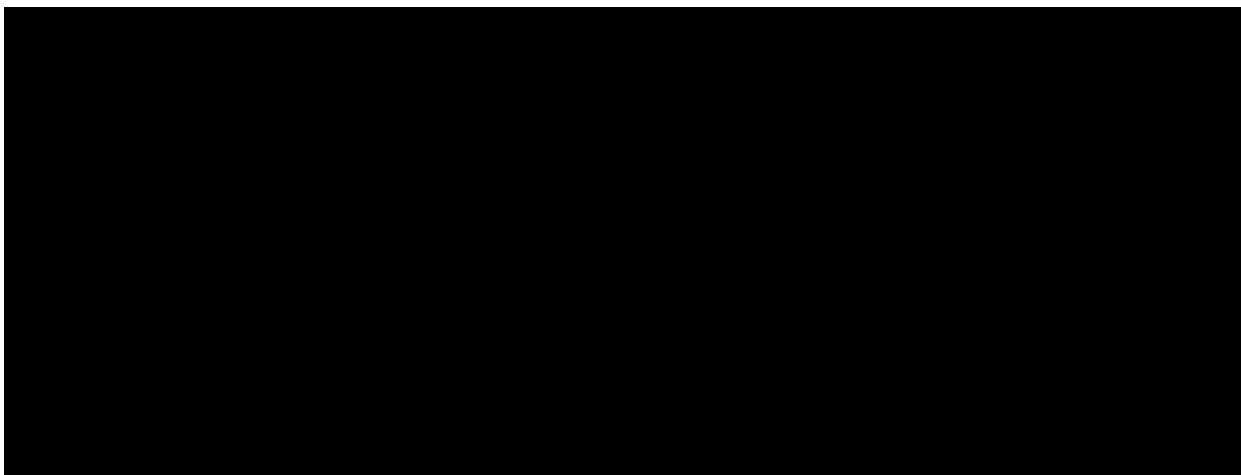
**Figura 150.** Alto-calentamiento Datos generales.

Tal como se realizó para el primer período, nuevamente se plantean en dos tonos separados las temperaturas interiores y exteriores. En este caso, se puede apreciar, de entrada, que los dos grupos de datos ya no aparecen tan definidos, uno encima del otro, como ocurrió en el período de bajo-calentamiento.

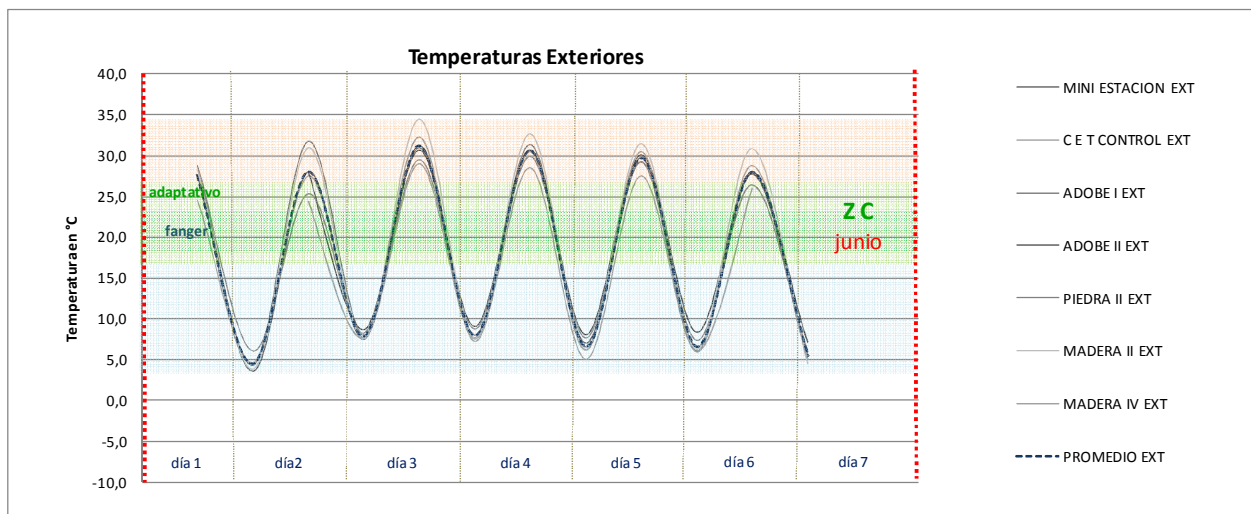
### 6.3.2.2. Temperaturas exteriores

Durante los seis días de toma de mediciones, se han registrado las temperaturas exteriores en cada una de los estudios de caso. Para efectos prácticos, se hizo una tabla de temperaturas exteriores y el promedio es el que fue utilizado como referencia para los análisis comparativos.

#### 6.3.2.2.1. Tabla y gráfica de temperaturas exteriores



**Tabla 28.** Alto-calentamiento. Temperaturas exteriores.



**Figura 151.** Alto-calentamiento. Temperaturas exteriores.

Es de llamar la atención que, tratándose del período más cálido, la amplitud de las franjas de temperaturas se invierte en relación con el período de bajo-calentamiento; en este caso, es mayor la referida por debajo del límite inferior de la zona de confort.

Las diferencias en las lecturas de los distintos termómetros, se dan nuevamente en función del asoleamiento y exposición a los vientos. Además de lo anterior, vale la pena apreciar que a pesar de tratarse.

#### **6.3.2.2.2. Referentes fotográficos del clima**

De la misma forma que en el período de bajo-calentamiento, se presentan las fotografías panorámicas tomadas durante la mañana y la tarde, que apoyan la comprensión sobre el comportamiento climático de los días de las mediciones.

2 de julio (día 1). Tarde soleada.



**Figura 152.** Bloque fotográfico Clima: Día 1 (2 de julio) vespertina.

3 de julio (día 2). Mañana soleada.



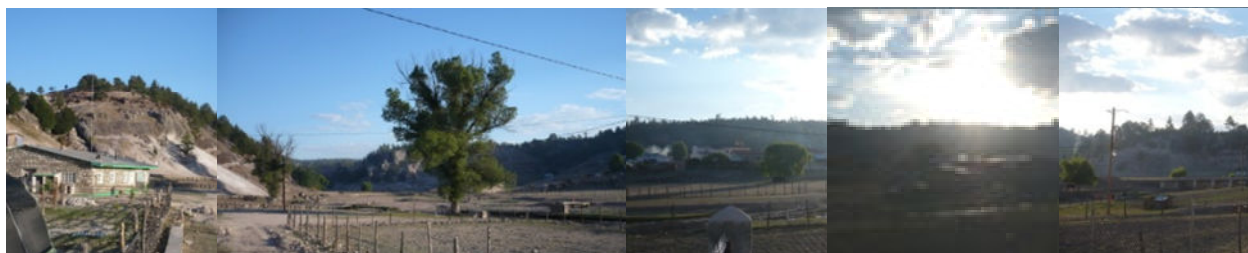
**Figura 153.** Bloque fotográfico Clima: Día 2 (3 de julio) matutina.

3 de julio (día 2). Tarde nublada.



**Figura 154.** Bloque fotográfico Clima: Día 2 (3 de julio) vespertina.

4 de julio (día 3). Mañana despejada.



**Figura 155.** Bloque fotográfico Clima: Día 3 (4 de julio) matutina.

4 de julio (día 3). Tarde nublada.



**Figura 156.** Bloque fotográfico Clima: Día 3 (4 de julio) vespertina.

5 de julio (día 4). Mañana despejada.



**Figura 157.** Bloque fotográfico Clima: Día 4 (5 de julio) matutina.

5 de julio (día 4). Tarde despejada ligeramente nublada.



**Figura 158.** Bloque fotográfico Clima: Día 4 (5 de julio) vespertina.



6 de julio (día 5). Mañana despejada.



**Figura 159.** Bloque fotográfico Clima: Día 5 (6 de julio) matutina.

6 de julio (día 5). Tarde nublada.



**Figura 160.** Bloque fotográfico Clima: Día 5 (6 de julio) vespertina.

7 de julio (día 6). Mañana despejada.



**Figura 161.** Bloque fotográfico Clima: Día 6 (7 de julio) matutina.

7 de julio (día 6). Tarde medio nublada.



**Figura 162.** Bloque fotográfico Clima: Día 6 (7 de julio) vespertina.



6.3.2.3. Temperaturas interiores

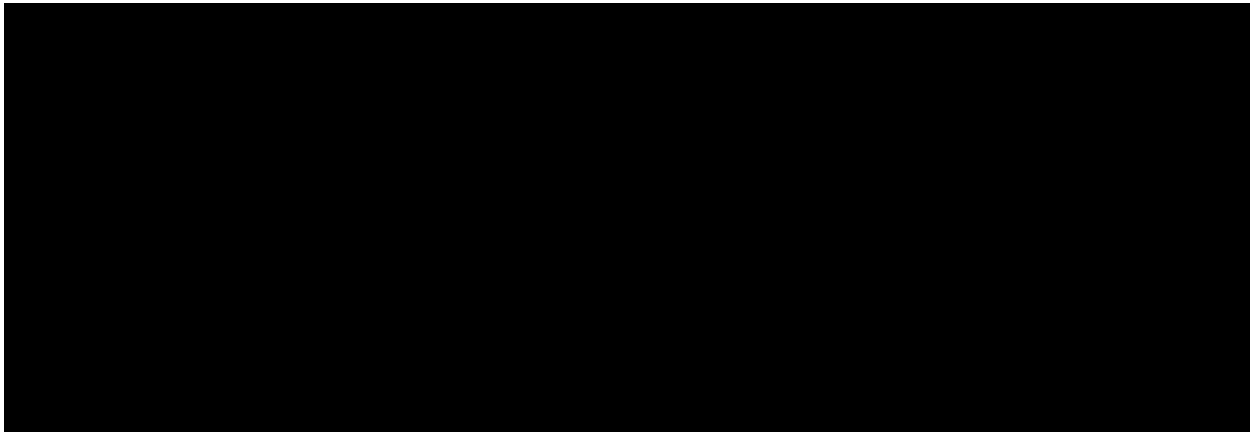


Tabla 29. Alto-calentamiento Temperaturas interiores.

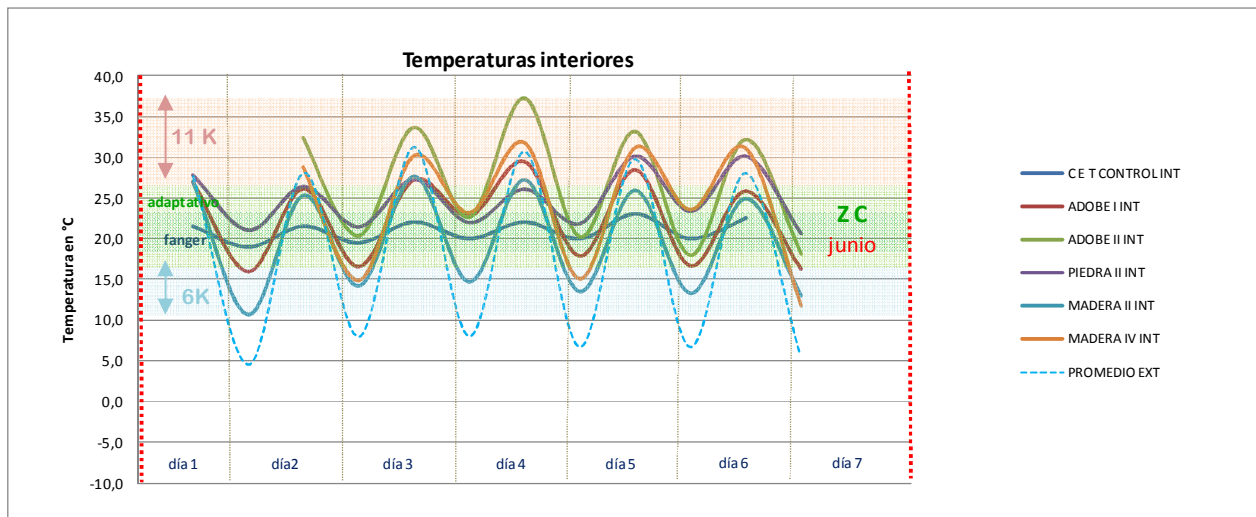


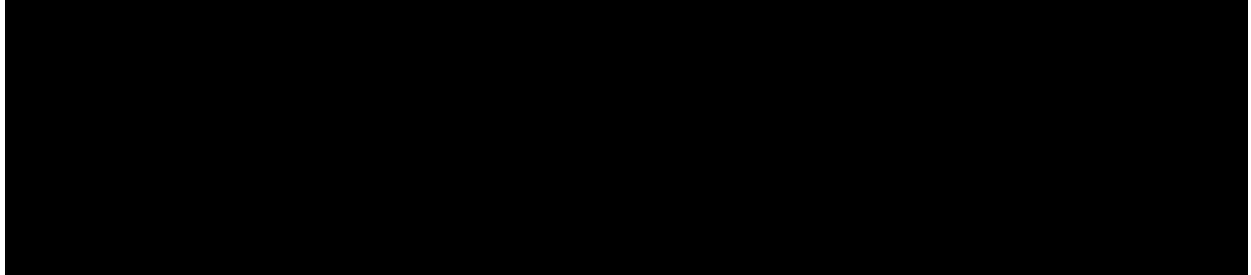
Figura 163. Alto-calentamiento Temperaturas interiores.

En la presente gráfica, llama la atención que siguen generándose problemas de sobre calentamiento en casi todas las viviendas, aun considerando que se presentan temperaturas bajas exteriores.

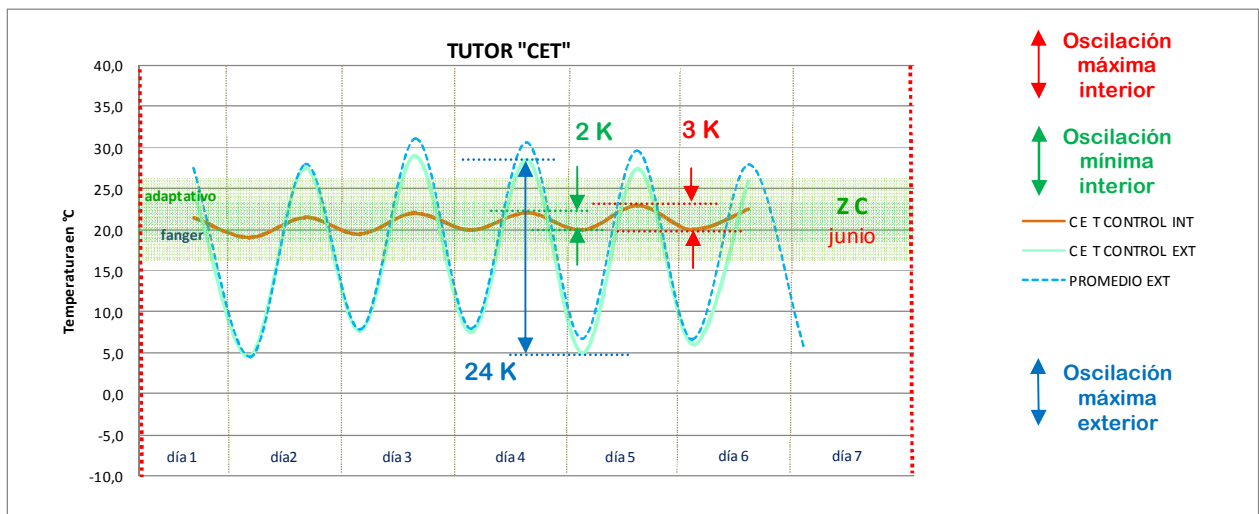
En casi todos los casos, pueden apreciarse temperaturas interiores por debajo del límite inferior de la zona de confort, en algún lapso del día.

#### 6.3.2.4. Tablas y gráficas individuales de máximas y mínimas

##### 6.3.2.4.1. CET TUTOR



**Tabla 30.** Alto-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.



**Figura 164.** Alto-calentamiento CET TUTOR. Temperaturas individuales.

Comportamiento más estable y favorable entre todas las viviendas medidas; en todo momento, las oscilaciones se dieron entre 2K y 3K y la temperatura interior se ubicó permanentemente en los límites de la zona de confort (Fanger).

No contó con ganancias internas derivadas de algún sistema de calefacción y la ventilación se dio en forma controlada para renovación, a través de los baños y durante los lapsos de aperturas del acceso principal (las ventanas de la envolvente general no son operables).

Es destacable también, que la temperatura exterior osciló en los mismos niveles del periodo de bajo-calentamiento, alcanzando hasta 24K en las mediciones de CET.

6.3.2.4.2. ADOBE I

Recordemos que las mediciones ADOBE I y ADOBE II se hicieron sobre la misma vivienda y correspondieron al cuarto dormitorio y la habitación cocina, divididas ambas por un muro de adobe y una puerta de madera.

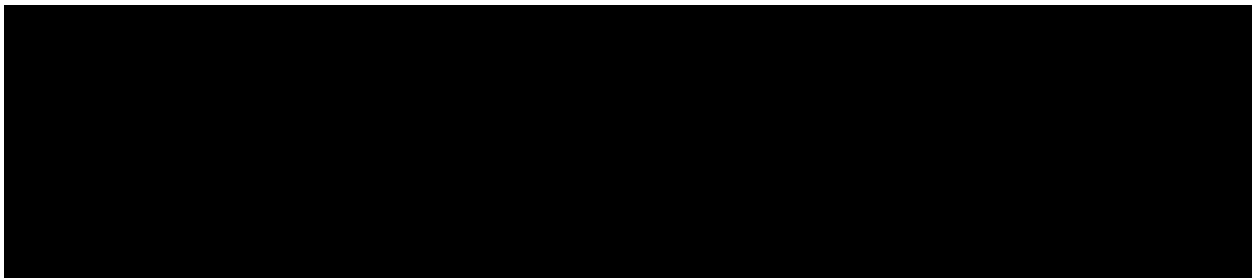


Tabla 31. Alto-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.

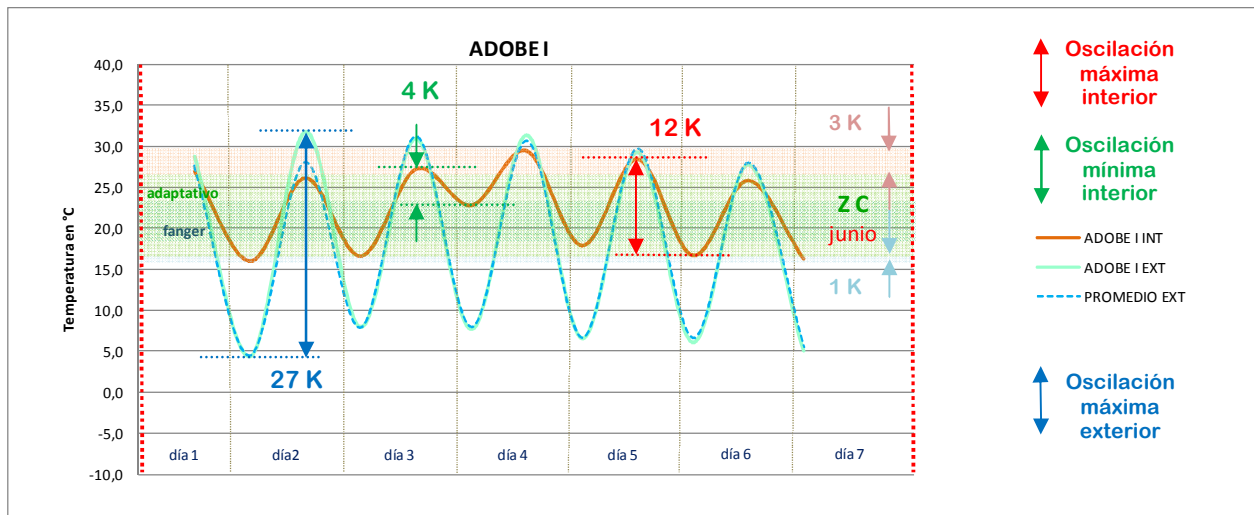


Figura 165. Alto-calentamiento ADOBE I. Temperaturas individuales.

A pesar de no contar con calentón, las condiciones propias de conductividad del adobe, aunadas a la orientación poniente de esta habitación, propiciaron algunas variantes por los asoleamientos intensos (retardo térmico). Salvo esta situación intermitente, las oscilaciones diarias se presentaron regulares (no más de 10K diarios) y considerablemente inferiores a los cambios que se presentaron en la temperatura exterior de hasta 27K (las más altas de ambos períodos de mediciones).

Las temperaturas internas se ubicaron predominantemente en la zona de confort.

6.3.2.4.3. ADOBE II

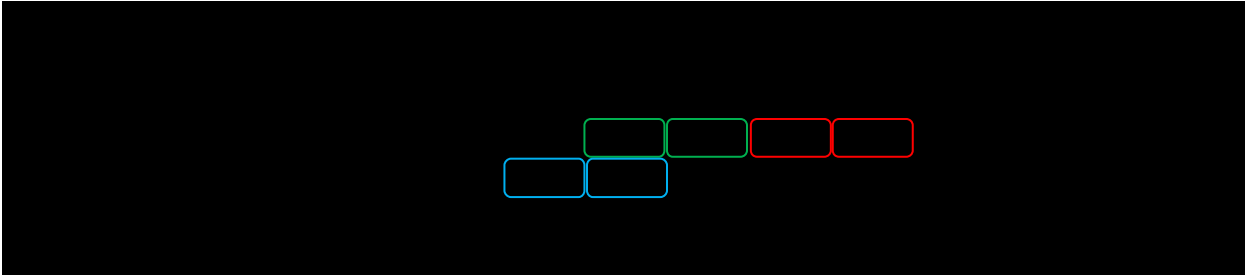


Tabla 32. Alto-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.

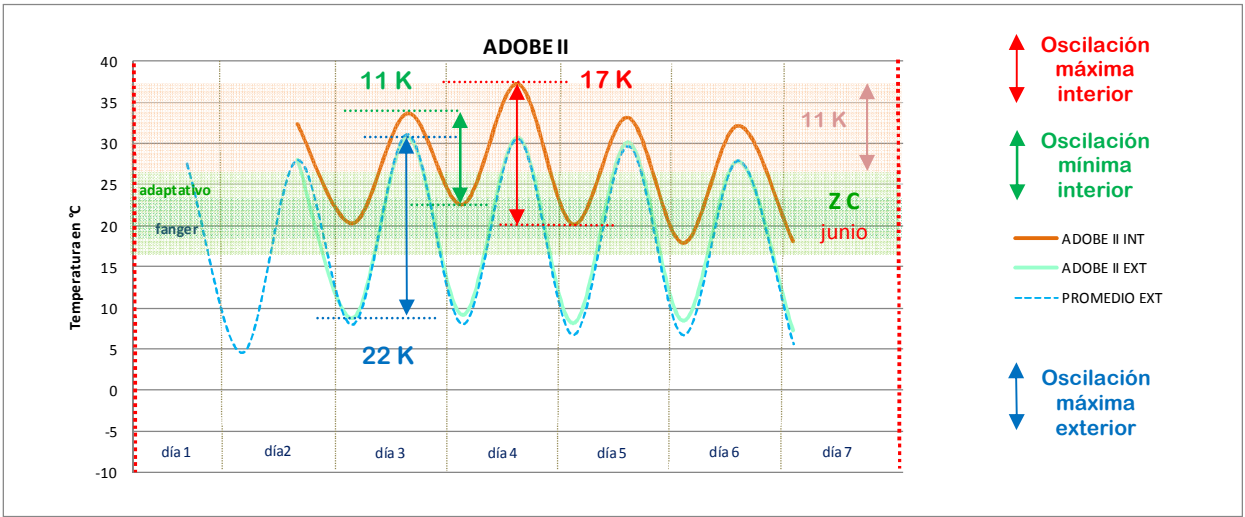


Figura 166. Alto-calentamiento ADOBE II. Temperaturas individuales.

A la masividad del adobe, se le sumaron las ganancias internas de los períodos de uso del calentón y se produjeron comportamientos irregulares cuyas oscilaciones máximas rebasaron los 12K.

Se presentaron nuevamente problemas de sobre-calentamiento, derivados del calentamiento activo (uso del calentón), de tal forma que sólo durante los horarios vespertinos, nocturnos y madrugadas se presentaron temperaturas dentro de la zona de confort.

6.3.2.4.4. MADERA II



Tabla 33. Alto-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.

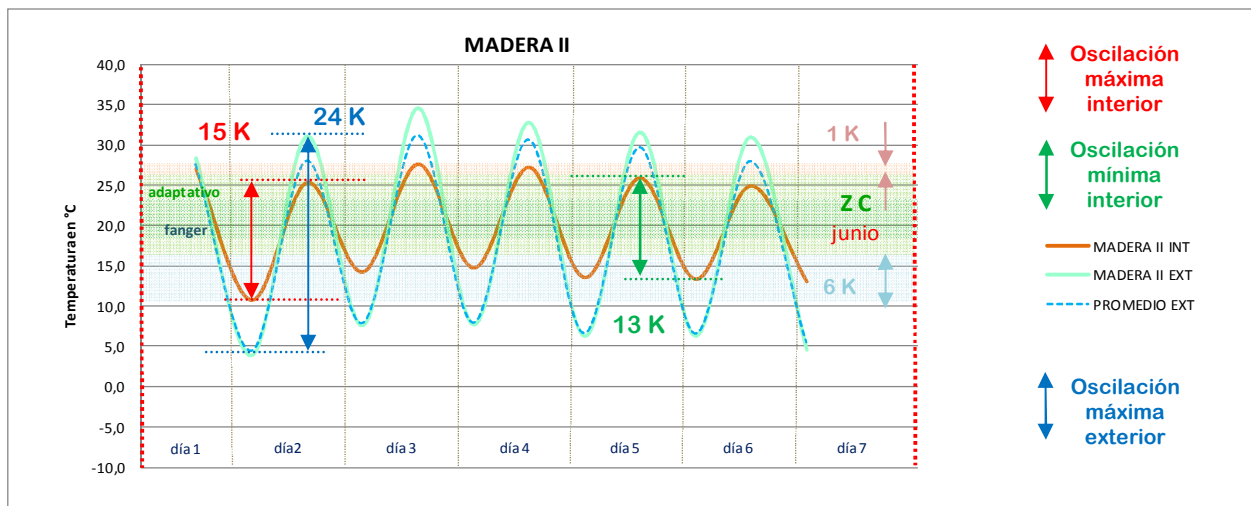


Figura 167. Alto-calentamiento MADERA II. Temperaturas individuales.

Habitación en la que no se cocinó ni utilizó el calentón durante los siete días de mediciones, lo que generó espacios ciertamente más homogéneos.

Aunque el comportamiento térmico fue regular y se mantuvo dentro de la zona de confort durante gran parte del día, se presentaron oscilaciones de hasta 12K, con excepción de las madrugadas, en las que el bajo retardo térmico de la madera fue insuficiente y al no contar con la calefacción asistida, se generaron espacios interiores con temperaturas inferiores a los 14°C (todas las mañanas) y se alcanzaron oscilaciones de hasta 15K, en cualquier caso muy por debajo de las exteriores, que en estos registros alcanzaron 24K.

6.3.2.4.5. MADERA IV

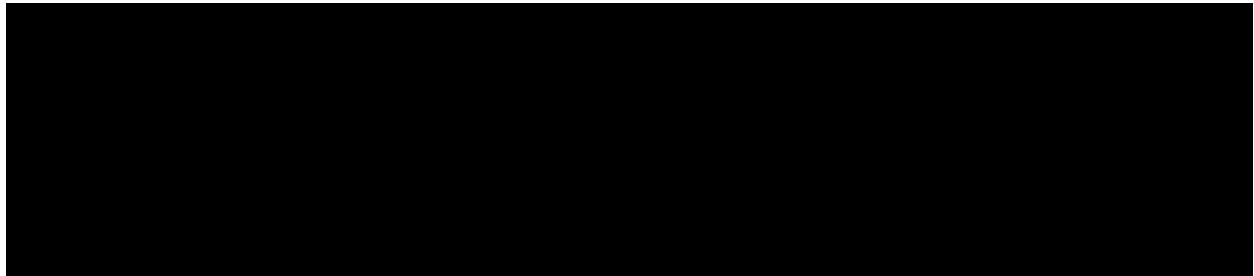


Tabla 34. Alto-calentamiento MADERA IV. Temperaturas individuales.

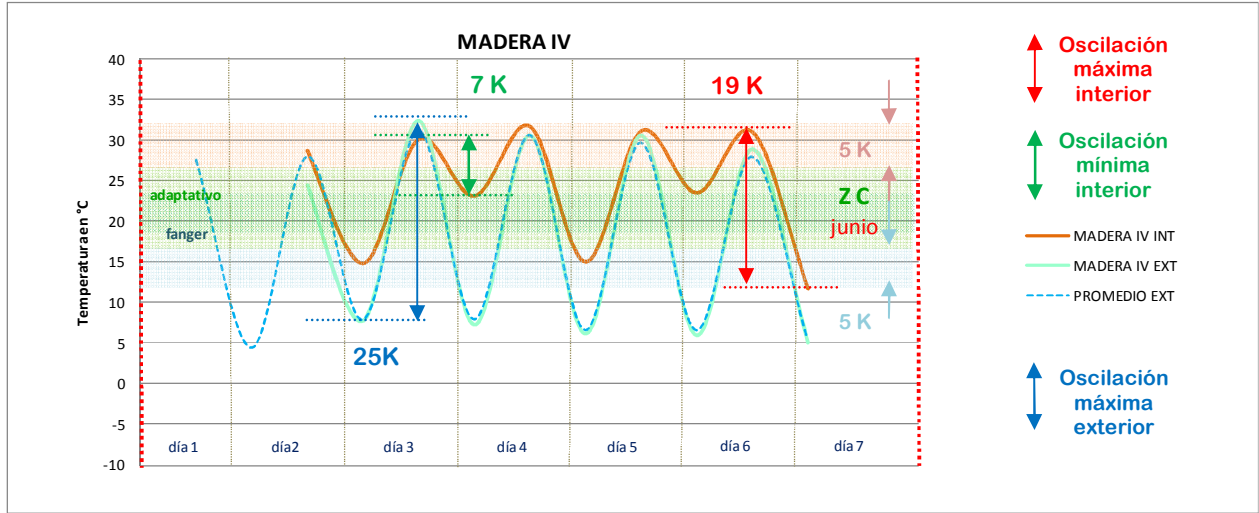


Figura 168. Alto-calentamiento MADERA IV. Temperaturas individuales.

En el presente estudio de caso se utilizó intermitentemente el calentón para cocinar. Se presentó un comportamiento irregular con períodos de sobrecalentamiento durante el día, en los que la temperatura interior se ubicó por encima de la temperatura exterior, y a su vez con problemas de bajo-calentamiento durante la madrugada, correspondiente a los días en los que no se utilizó el calentamiento activo.

Las oscilaciones diarias llegaron hasta 17K y las temperaturas interiores se ubicaron parcialmente en los rangos de confort, generando un comportamiento térmico descontrolado y variante.



6.3.2.4.6. PIEDRA II

No se pudieron realizar mediciones en la vivienda PIEDRA I por encontrarse desocupada y cerrada. Por su parte, en la vivienda PIEDRA II se construyó una estufa “loreña” (ver ficha técnica) para ser utilizada durante la temporada de calor.

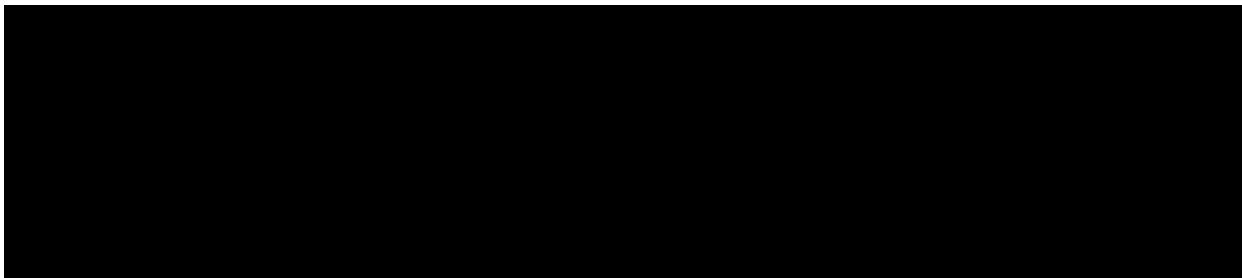


Tabla 35. Alto-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.

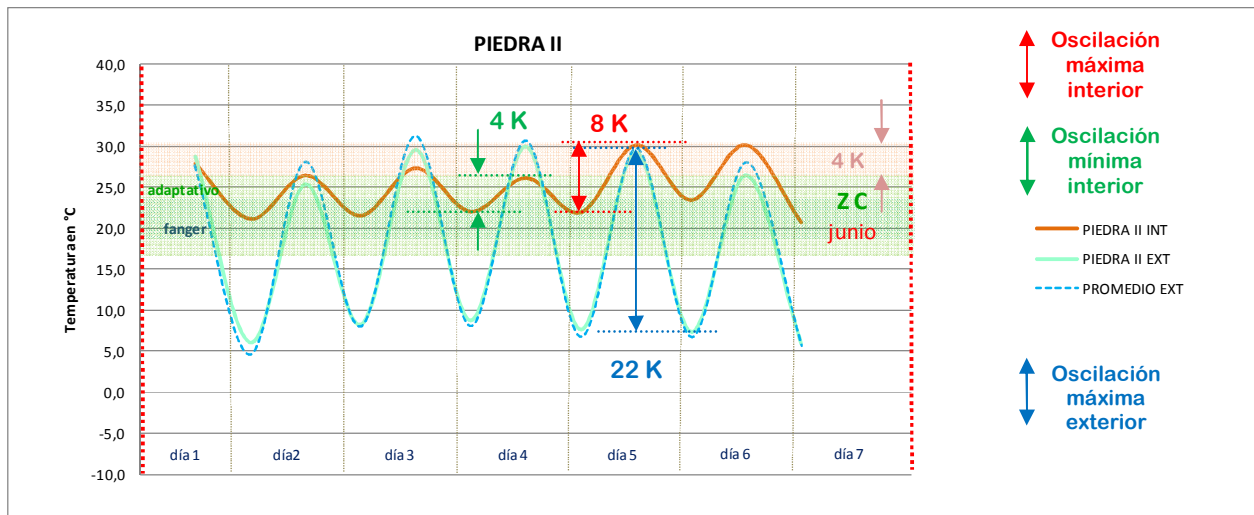


Figura 169. Alto-calentamiento PIEDRA II. Temperaturas individuales.

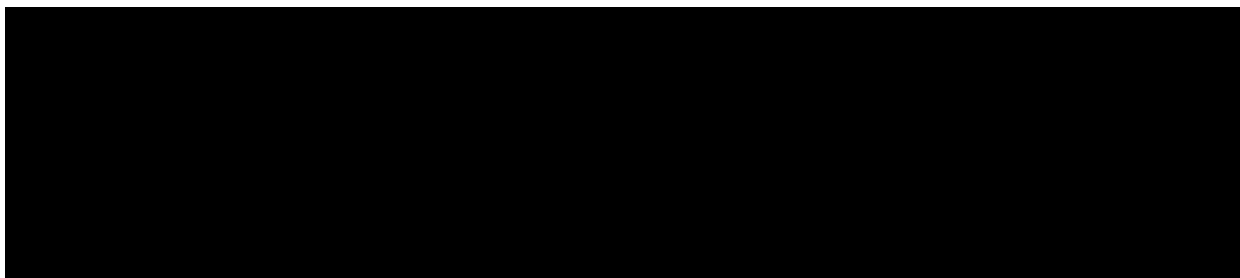
La inercia térmica de la piedra, derivada de su conductividad térmica y calor específico, generó condiciones interiores muy estables y dentro de los rangos de confort, con oscilaciones promedio de 4K, salvo en los días 5 y 6 en los que se utilizó el calentón para cocinar y las diferencias se elevaron hasta 8K.

Las ganancias internas, aunadas a la orientación de la vivienda, generaron periodos en los que la temperatura interior rebasó el límite superior de la zona de confort hasta alcanzar más de 30°C.

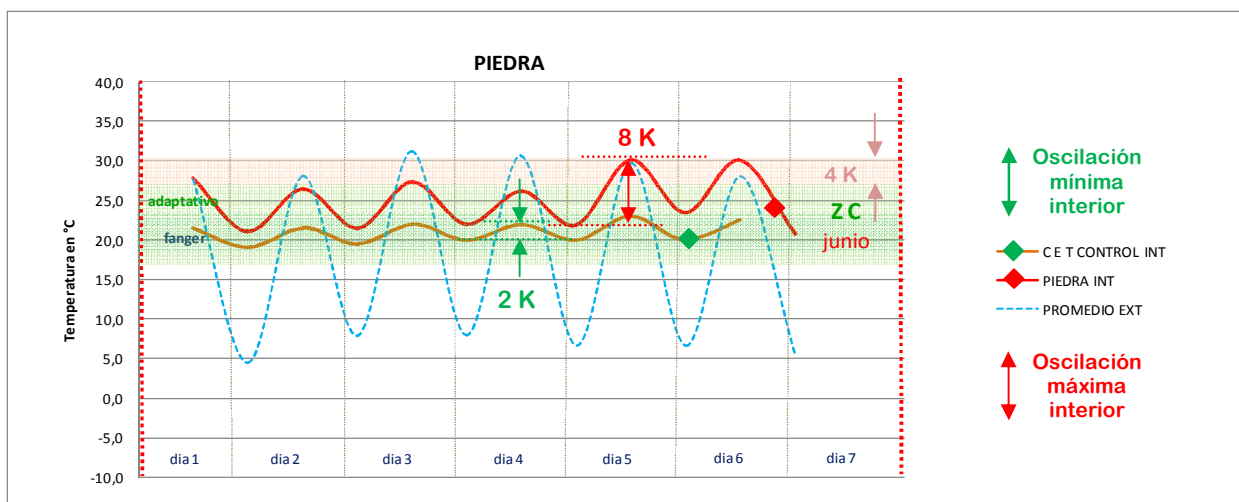
### 6.3.2.5. Tablas agrupadas del período: Materiales

A continuación, se presentan gráficas en las que se agrupan los distintos casos de estudio cuyo material de los muros es el mismo.

#### 6.3.2.5.1. PIEDRA



**Tabla 36.** Alto-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.



**Figura 170.** Alto-calentamiento PIEDRA. Todos los estudios de caso.

Están claramente definidas las diferencias entre dos casos de estudio, en los que el material —la piedra— funcionó por sí mismo en forma muy estable y, sin embargo, el descontrol sobre el uso del calentón generó ganancias internas que propiciaron un comportamiento irregular.

Es evidente el cambio que se generó en las temperaturas interiores (días 5 y 6), derivado del calentamiento activo de los períodos de cocción.

6.3.2.5.2. ADOBE



Tabla 37. Alto-calentamiento ADOBE. Todos los estudios de caso.

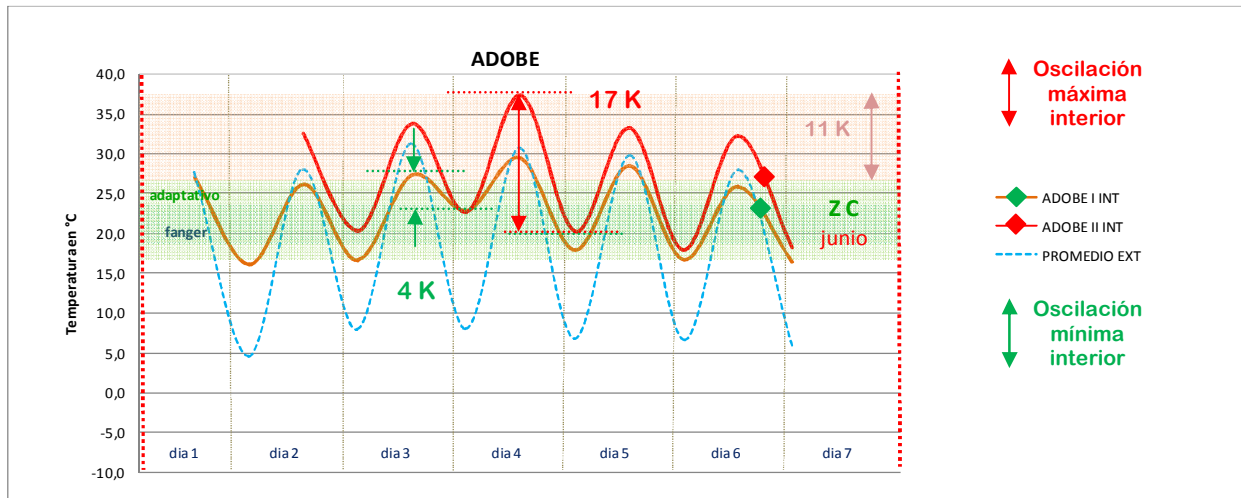


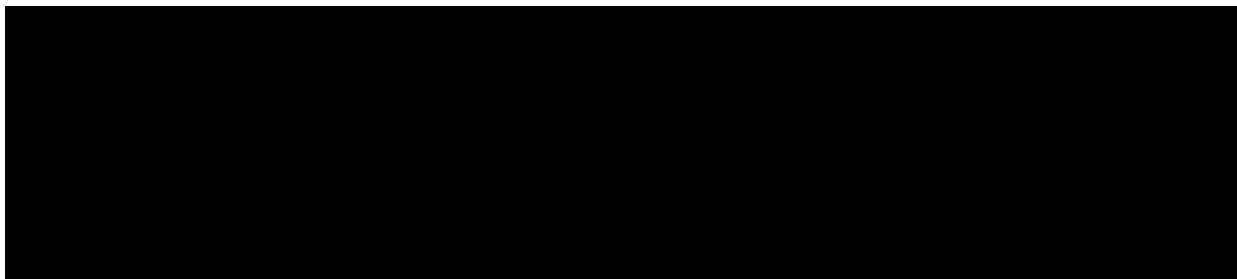
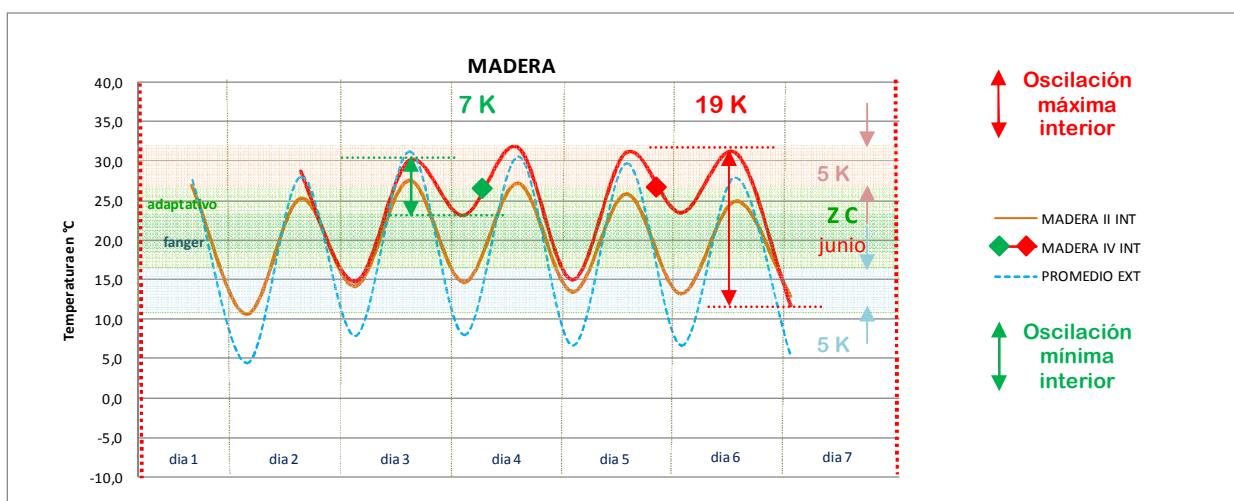
Figura 171. Alto-calentamiento ADOBE todos los estudios de caso.

Existen comportamientos similares entre ambos casos de utilización del adobe en los muros.

El retardo térmico y el calentamiento interior, durante los períodos de cocción, propiciaron las principales variaciones y el comportamiento oscilatorio.

Se presentó un amortiguamiento aceptable del frío exterior durante las madrugadas, aunque en las horas de temperaturas máximas hubo una clara tendencia de sobrecalentamiento en los espacios interiores que, en el mejor de los casos, presentaron temperaturas que se situaron en los límites superiores de la zona de confort.

### 6.3.2.5.3. MADERA

**Tabla 38.** Alto-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.

**Figura 172.** Alto-calentamiento MADERA. Todos los estudios de caso.

Es importante recordar que mientras los muros de MADERA II son de tablas y los de MADERA IV son de troncos, las diferencias entre ambos casos fueron relativas, ya que los primeros (más delgados) se encontraban bien aislados y los segundos (troncos) presentaban problemas de filtraciones.

En tal caso, el comportamiento variante y oscilatorio se debió a las actividades y ganancias internas y es claro que el espacio en el que no se utilizó el calentón (MADERA II) presentó una mayor estabilidad térmica.

6.3.2.6. Tablas agrupadas del período uso del espacio

6.3.2.6.1. Espacios con cocción

Los datos y gráficas que se presentan a continuación, agrupan por primera vez en el capítulo casos de estudio de diferentes materiales, aunque con actividades similares.

En la siguiente tabla, se agrupan los estudios de caso con actividades de cocción.

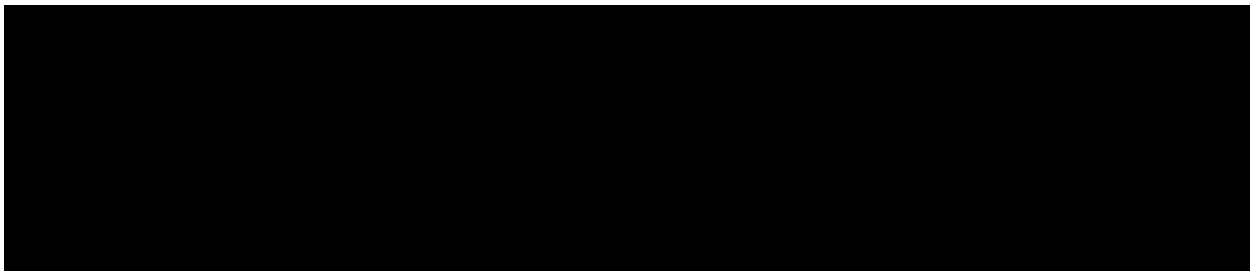


Tabla 39. Alto-calentamiento. Espacios con Cocción.

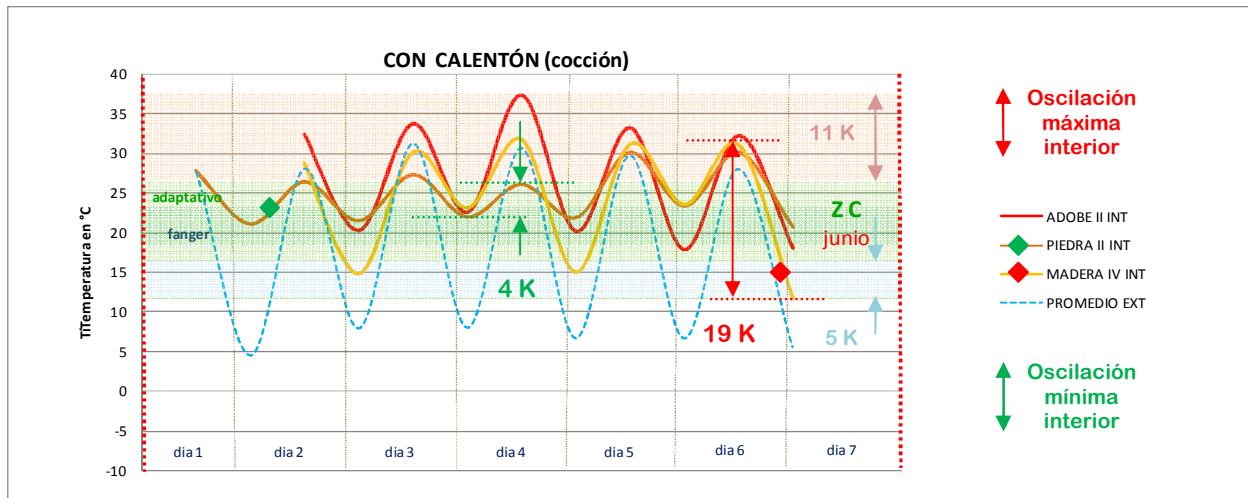


Figura 173. Alto-calentamiento. Espacios con cocción.

Aún cuando se trata de estudio de casos cuyo común denominador es el uso inadecuado del espacio interior, son claras las diferencias entre los materiales comparados. Desde el más irregular y oscilatorio (la madera), hasta el más estable (la piedra), y desde luego, incluyendo el adobe, todos se vieron afectados ante las alteraciones artificiales (cocción y calefacción). En todo caso, habrá que destacar y tener presente los casos más desfavorables y los menos vulnerables a dicha constante (ganancias internas).

### 6.3.2.6.2. Espacios sin cocción

A continuación, se plantean los casos más estables de cada uno de los materiales, correspondientes a los espacios que no cuentan con calentón y por ende, de calentamiento asistido.

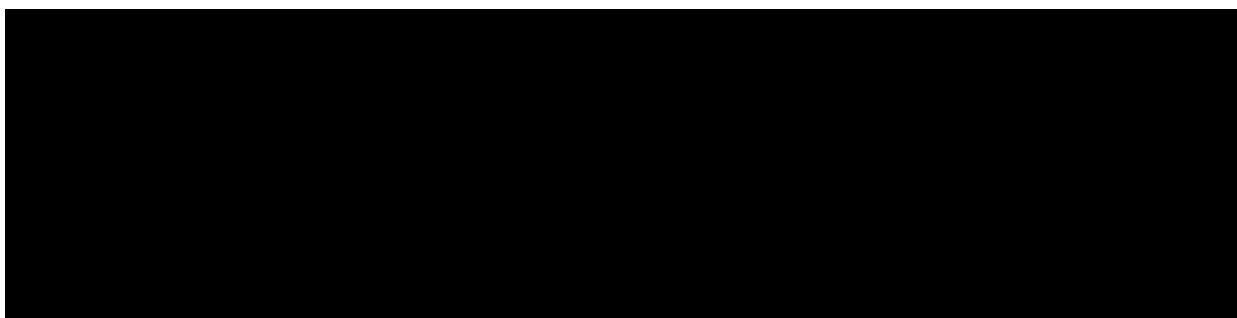


Tabla 40. Alto-calentamiento. Sin cocción.

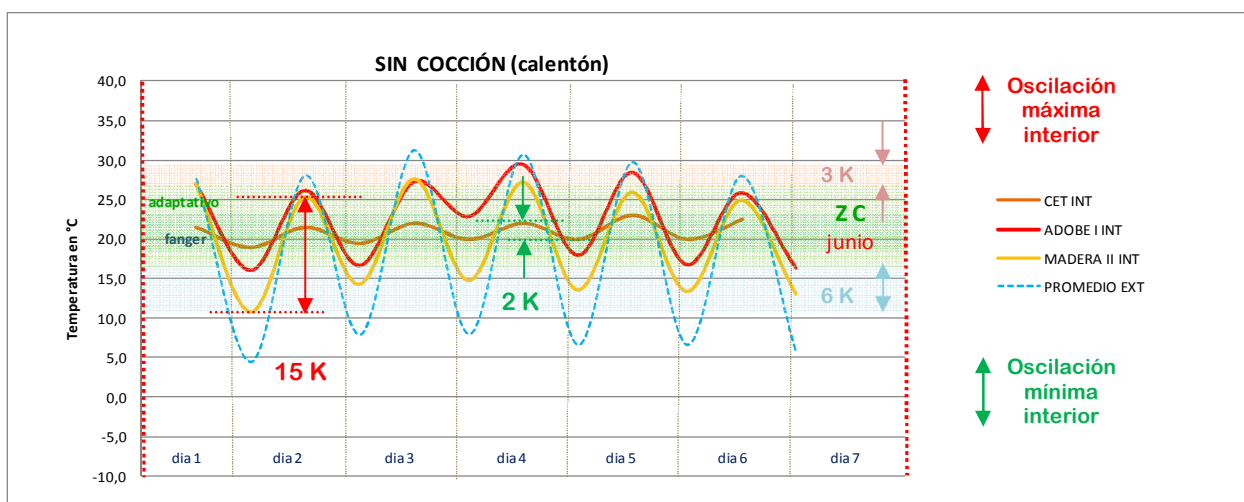


Figura 174. Alto-calentamiento. Sin cocción.

Al referir y plantear simultáneamente los distintos materiales, ahora en condiciones adecuadas de utilización del espacio, se evidencian las ventajas y desventajas entre ellos. De la misma forma, se vuelve a definir que el control de las actividades internas es un elemento primordial a considerar en la búsqueda de alcanzar condiciones estables de confort térmico.

En la comparación general de las viviendas de piedra, se aprecia que éste fue el más estable de los materiales y el de menores oscilaciones térmicas.



## **6.4. Mediciones complementarias**

Hasta este punto de la investigación, quedó claro que el objetivo de las mediciones fue principalmente el monitoreo de temperaturas (interiores y exteriores). Sin embargo, existen otros factores y elementos del clima que influyen directamente en el comportamiento higrotérmico, entre los cuales se destacan: humedad relativa, viento, radiación, altitud y presión atmosférica, entre otros.

Como parte complementaria del presente capítulo, se incluyen algunos datos recabados sobre dichos factores, entre los que se revisó especialmente la humedad relativa, de la que, a continuación, se presenta un análisis sintetizado sobre la información recabada.

### **6.4.1. Humedad relativa**

Durante los dos períodos de estudio se hicieron mediciones de humedad relativa, tanto para espacios interiores como áreas exteriores; los primeros, mediante termo hidrómetros digitales y los segundos, mediante la estación meteorológica *Davis* (enero) y la mini-estación meteorológica *Skywatch* (junio).

En la tabla sintetizada que se presenta a continuación, aparecen los valores diarios, obtenidos mediante el mismo procedimiento empleado para las temperaturas (se resumen los datos de máximas y mínimas de cada día de estudio).

El dato más destacable, es que durante ambos períodos de medición (refiriendo espacios interiores), se obtuvieron datos de humedad relativa inferiores al 20%, lo que indica que los espacios monitoreados presentan ambientes secos en períodos prolongados, situación congruente con el reiterado sobrecalentamiento de varios de los casos de estudio<sup>73</sup>.

---

<sup>73</sup> Pudo constatar que, independientemente de las bajas temperaturas registradas durante las mañanas en ambos períodos, los propietarios de las casas visitadas (principalmente las de piedra) beben mucha agua y es evidente que padecen resequedad de piel. Es posible que esto se deba a los espacios secos generados por el sobrecalentamiento frecuente.

	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
<b>BAJO-CALENTAMIENTO</b>	20-ene	20-ene	21-ene	21-ene	22-ene	22-ene	23-ene	23-ene	24-ene	24-ene
CASACET CONTROL	40	23	33	29						
CASACET COCINA	53	40								
CASADAMS EXTERIOR	99	58	97	65	100	81	100	37	100	24
CASADAMS INTERIOR	26	23	38	28	21	29	48	42	46	39
PIEDRA	71	32	72	32	76	32	77	30	100	35
MADERA			59	31	63	30	63	30	71	46
<b>ALTO-CALENTAMIENTO</b>	3-jun	3-jun	4-jun	4-jun	5-jun	5-jun	6-jun	6-jun	7-jun	7-jun
PIEDRA	32	LOW	32	22	36	21	33	21	33	LOW
MADERA II	50	LOW	52	LOW	55	20	55	20	54	LOW
PIEDRA 2	60	27	82	16	72	19	72	22	80	22

**Tabla 41.** Humedad relativa ambos períodos.

A pesar de tratarse de un conjunto muy breve de datos, se puede destacar tres cuestiones interesantes:

- 1) La humedad relativa exterior del período de invierno, alcanzó varios días el 100%, esto fue debido a las temperaturas tan bajas registradas durante las madrugadas. Esta es la razón por la que las oscilaciones térmicas son ligeramente mayores durante el período de primavera, en el que las humedades no son tan elevadas durante el día y generan ambientes más secos y propicios para el clima extremo.
- 2) La humedad relativa de los espacios interiores se mantuvo en forma casi permanente dentro de los rangos de confort; sin embargo, en el período de alto-calentamiento, se obtuvieron registros por debajo del 20% de humedad, lo que generaba ambientes secos durante las madrugadas.
- 3) Durante la época de clima más cálido, se deja de cocinar dentro de las habitaciones, con lo cual la humedad interior regresa a los rangos normales.

### 6.4.2. Otras mediciones

Además de la humedad relativa, se obtuvieron otros datos importantes de ambos períodos, relacionados con los siguientes factores y elementos climáticos<sup>74</sup>

- Presión atmosférica.
- Velocidad y dirección de vientos<sup>75</sup>.
- Altitud.
- Humedad relativa.
- Radiación solar.
- Índice de viento frío.

#### 6.4.2.1. Viento, altitud y presión atmosférica

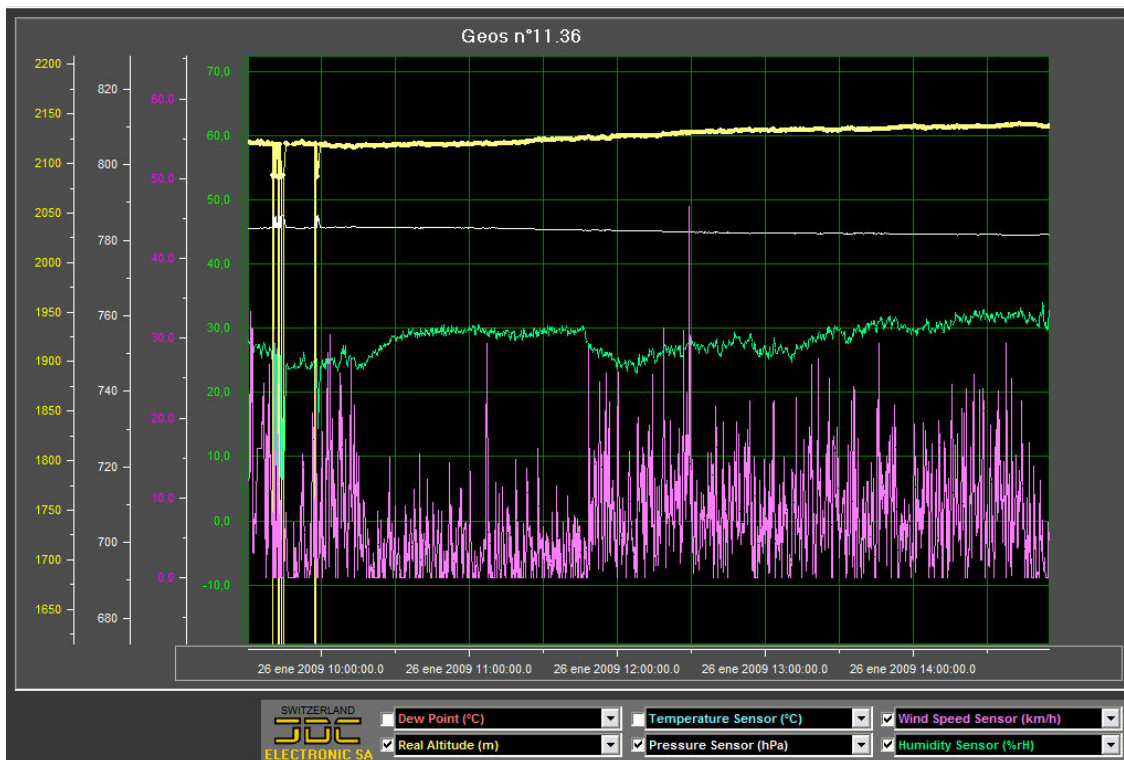


Figura 175. Velocidades de viento, altitud y presión atmosférica.

<sup>74</sup> Es importante referir que se cuenta con registros automatizados sobre todos los datos que se mencionan y están disponibles para algún trabajo futuro.

<sup>75</sup> Pudieron registrarse direcciones de vientos muy variantes con la estación meteorológica, sin embargo, por tratarse de un periodo de mediciones tan breve, se decidió no profundizar al respecto.

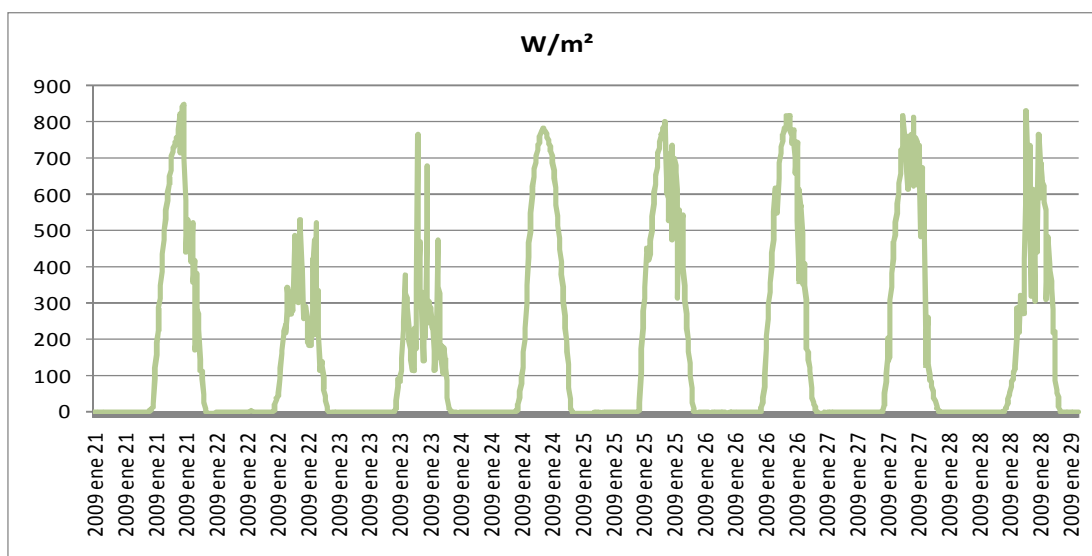
En la figura 175 de la página anterior, aparece seleccionado el lapso entre las 10 de la mañana y las 2 de la tarde del 26 de enero. Se agrega esta selección para mostrar un período de intensos vientos que coincidió con la entrada de un frente frío que generó condiciones especialmente extremas durante los dos días finales de mediciones.

#### 6.4.2.2. Radiación solar

Uno de los referentes más importantes del comportamiento climático es la radiación solar. Desafortunadamente, el sensor de la estación meteorológica *Davis*, utilizada durante el período de mediciones de invierno, no funcionó adecuadamente, por lo que tuvieron que obtenerse datos de las EMAS regionales.

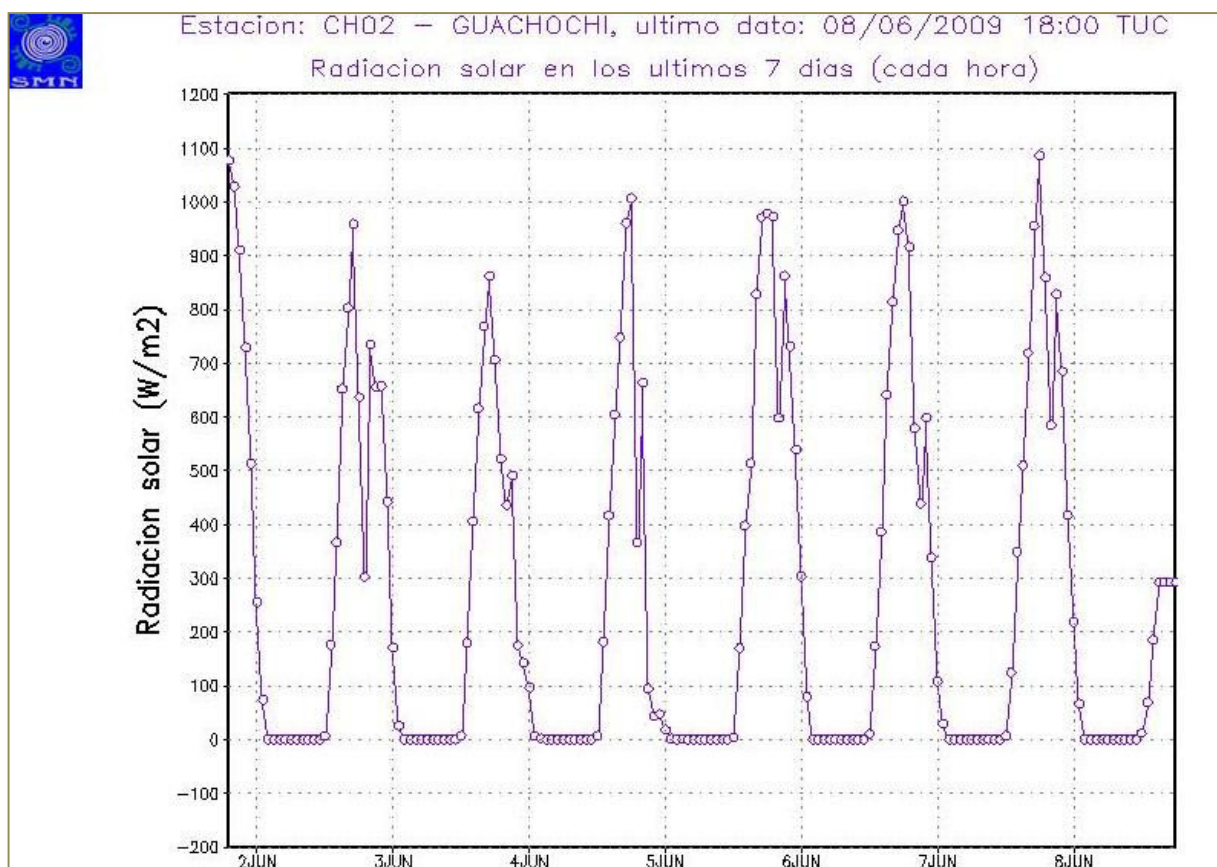
Para el período de bajo-calentamiento, se contó con las tablas de datos de Guachochi y para los análisis de junio, se bajaron directamente de internet varias imágenes correspondientes a varias estaciones de la Alta Tarahumara.

A continuación, se presentan dos gráficas de radiación solar que muestran los comportamientos de cada período.



**Figura 176.** Radiación solar período de Bajo-calentamiento (EMA Guachochi).

La gráfica anterior (figura 176), fue generada en *Excel* con base en los datos de la hoja de cálculo proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional. En ella se aprecian las raditaciones solares que rebasaron los 800 Watts /  $m^2$ .



**Figura 177.** Radiación solar período de Alto-calentamiento (EMA Guachochi).

La gráfica de la figura 177, se obtuvo directamente de la estación meteorológica automatizada de Guachochi (página web Conagua) y corresponde a los días de medición del período de Alto-calentamiento.

Se acota nuevamente como ejemplo de las elevadas radiaciones solares de la región<sup>76</sup>, que como se aprecia, alcanzaron casi 1,100 Watts/ $\text{m}^2$ .

En la gráfica, se aprecian también períodos con variaciones drásticas que son generados por las nublados repentinos; esta situación que generan los cambios drásticos sobre la percepción de la temperatura ya se ha mencionado en otros apartados de la investigación

<sup>76</sup> En el disco anexo se presentan las gráficas de todas las EMAS regionales de ambos períodos de mediciones.

### 6.4.2.3. Índice de viento frío

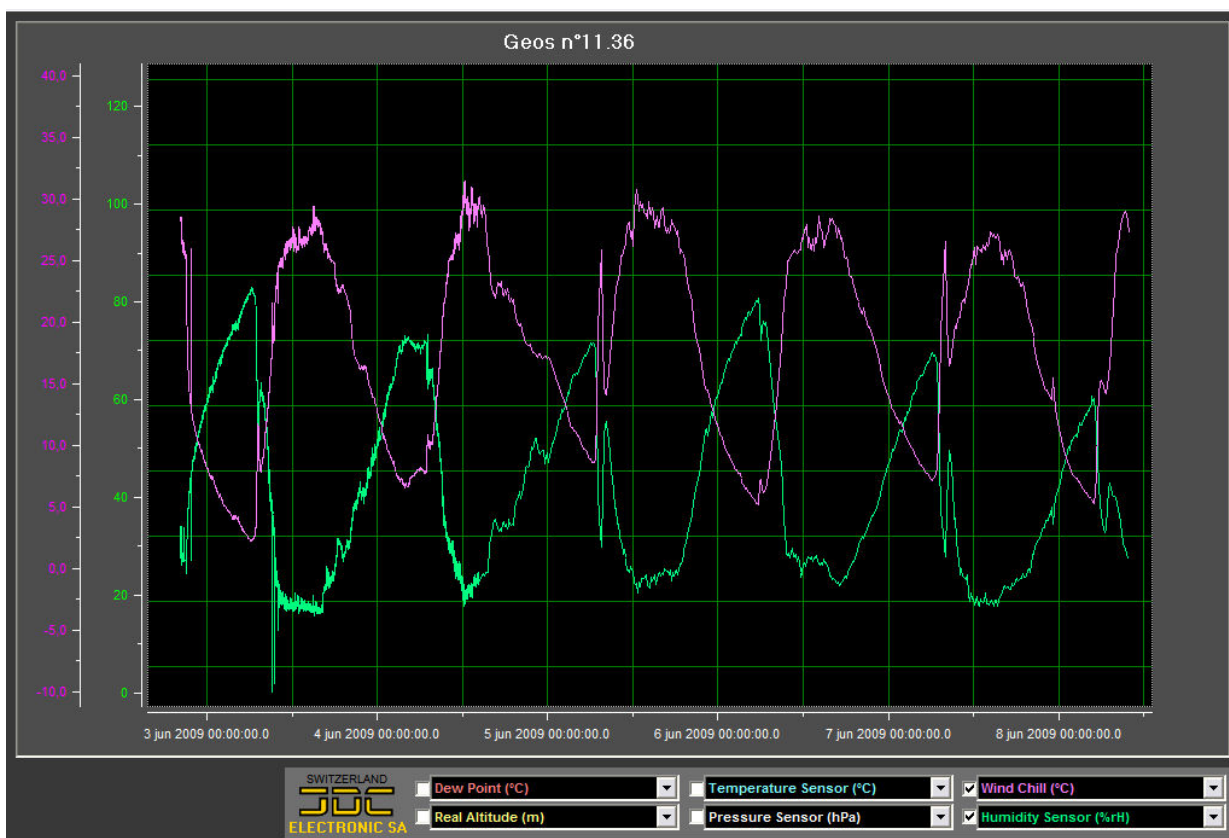


Figura 178. Humedad relativa e índice de vientos frío.

En la gráfica anterior, se presentan la humedad relativa y el índice de viento frío *windchill* de los siete días de mediciones. Se aprecia el comportamiento inversamente proporcional entre ambos y la forma repentina en la que se presentaron ascensos y descensos de ambos en este clima extremo, principalmente durante las mañanas (incrementos de hasta 20K en lapsos de 3 horas).

Igualmente, es interesante mencionar que entre períodos soleados y nublados, se registraron cambios de temperatura muy repentinos que no sólo implican variaciones de 3K ó 4K en lapsos muy breves, sino modificaciones igualmente drásticas en la percepción real del clima.



#### 6.4.2.4. Altitud y Presión Atmosférica



Figura 179. Presión atmosférica y altitud.

En la gráfica anterior (figura 179), se aprecian algunas variaciones de la presión atmosférica (inversamente proporcionales a la altitud). Ambos datos han servido para cotejar los obtenidos en la investigación de gabinete del análisis climático (capítulo IV).

Además de lo anterior, es interesante apreciar que mediante el instrumento de medición utilizado (mini-estación *Skywatch*), pudieron registrarse los cambios de presión atmosférica derivados del comportamiento meteorológico; evidentemente la altitud del sitio es invariable y sin embargo, se registran sobre ella cambios que ayudan a entender los fenómenos meteorológicos<sup>77</sup>.

<sup>77</sup> El penúltimo día de mediciones entró, desde el Pacífico hacia la montaña, un frente frío que generó cambios drásticos de presión atmosférica, los cuales quedaron registrados en la mini estación meteorológica y se agregan en pdf en el disco compacto anexo a la tesis.

## 6.5. Comentarios finales del capítulo

Al margen del objetivo principal de este capítulo, que fue todo lo relacionado con el manejo de datos recabados y la elaboración gráficas (datos duros de la investigación), el proceso integral de la toma de mediciones resultó de gran interés e importancia dentro de todo el proceso de la investigación y pudieron comprenderse varios asuntos relevantes desde distintos enfoques: metodología, proceso, condiciones climáticas, pensamiento y costumbres, entre otros.

En relación con el clima, durante el período principal de mediciones (enero), se registraron temperaturas muy bajas durante las madrugadas, aunque al mismo tiempo las radiaciones solares fueron elevadas<sup>78</sup>; debe recordarse que, dada latitud y época del año, las alturas solares máximas son en todo caso bajas<sup>79</sup> y sin embargo, se alcanzaron temperaturas exteriores diurnas que, aún en los inviernos muy extremos y de acuerdo con testimonios de los propios pobladores, se presentan en lapsos importantes en los que, “el sol es tan fuerte” que se generan condiciones de clima que les permiten permanecer gran parte del tiempo fuera de sus viviendas (como es su costumbre).

Por su parte, durante el segundo período (alto-calentamiento), las temperaturas durante las madrugadas se presentaron nuevamente muy bajas y fue ciertamente sorpresivo que aún con climas diurnos más templados, las oscilaciones exteriores se dieran mayores a las de enero. Pudieron corroborarse varias de las situaciones problemáticas sobre la utilización del espacio interior (sobre-calentamiento durante los períodos de cocción) presentadas también durante el invierno, aunque se apreciaron algunos cambios sobre la utilización de los espacios accesorios a la vivienda (períodos de uso de los calentones durante los horarios de cocina).

---

<sup>78</sup> Según datos de las EMAS, las radiaciones solares alcanzaron los 800 W/m<sup>2</sup>.

<sup>79</sup> De acuerdo con las gráficas cartesianas, las alturas solares no fueron mayores a 43°C, durante las horas de máxima altura (mediodía) de todo el período de mediciones.

Es importante también recalcar que la constante actividad física de los *rarámuris*, comenzando por la costumbre de caminar largas distancias para ir de un sitio a otro, les evita utilizar un arropamiento excesivo, sin importar el período del año ni el clima; este hecho pudo igualmente constatarse durante los dos períodos de estancia en la sierra y sin duda, los rangos de confort teóricos planteados quedan limitados ante la adaptación de los *rarámuris* a las condiciones climáticas extremas de su entorno.

En relación con el proceso metodológico de las mediciones, durante ambos períodos las condicionantes del sitio y la estancia en Cusárare delimitaron los lineamientos y el desarrollo del trabajo.

Indudablemente, el primer período sirvió de base y experiencia para que el segundo resultara mucho más ágil y claro, no sólo en cuanto a la recopilación y toma de datos, sino para el manejo de los mismos (fondo y forma); como también se ha mencionado, el diseño de las tablas y gráficas fue modificándose con el objetivo de traducir lo más claramente posible las cantidades documentadas.

Por todo lo anterior, el desarrollo de este apartado de la tesis resultó de gran utilidad para comprender el funcionamiento de las viviendas y la ocupación de las mismas, y ambos asuntos fueron fundamentales en función de las conclusiones y posibles recomendaciones que, desde la misma estancia en el sitio, comenzaron a formularse.

## **7. CAPITULO VII**

## **7.1. Planteamiento general**

En este penúltimo capítulo de la investigación (previo a las conclusiones), se analizan conjuntamente las mediciones de todos los casos estudiados en los dos períodos de medición.

Como en el capítulo anterior, estos análisis se agrupan por materiales y usos del espacio; finalmente, se plantean diversas gráficas con materiales combinados, para concluir cuáles son los de mejor comportamiento y cuáles los más desfavorables.

Para simplificar los análisis, se resumen las temperaturas promedio exteriores de todos los casos de estudio y de cada período de medición, con esto se puede tener este referente en forma constante para cada comparación realizada.

Es importante referir los datos de los días de investigación con los de las normales climatológicas, sobre todo como una variable a considerar para los comparativos de futuras investigaciones.

### **7.1.1. Las Gráficas**

Para ésta última sección de gráficas, se emplearon los mismos criterios de representación del capítulo VI. Se indican las dos zonas de confort de cada período de estudio, enfatizadas con colores azul y rojo para bajo-calentamiento y alto-calentamiento respectivamente. Una vez más, se enfatizan numéricamente los rangos de temperaturas de las zonas de confort (dos rangos para cada período), así como las franjas correspondientes a las mediciones realizadas fuera de dichos límites, indicadas en tonos distintos de rojo y azul.

Todos los trazos se hacen con líneas más delgadas para poder facilitar la lectura, y los correspondientes a las temperaturas exteriores se diferencian con líneas punteadas.

El trazo completo con todos los datos, y las zonas de confort referidas, se hizo entendiendo que del presente análisis final y comparativo surgieron en buena medida las conclusiones y propuestas definitivas del capítulo siguiente. La gráfica base se muestra en la figura 180 de la página 215.

## **7.2. Temperaturas exteriores**

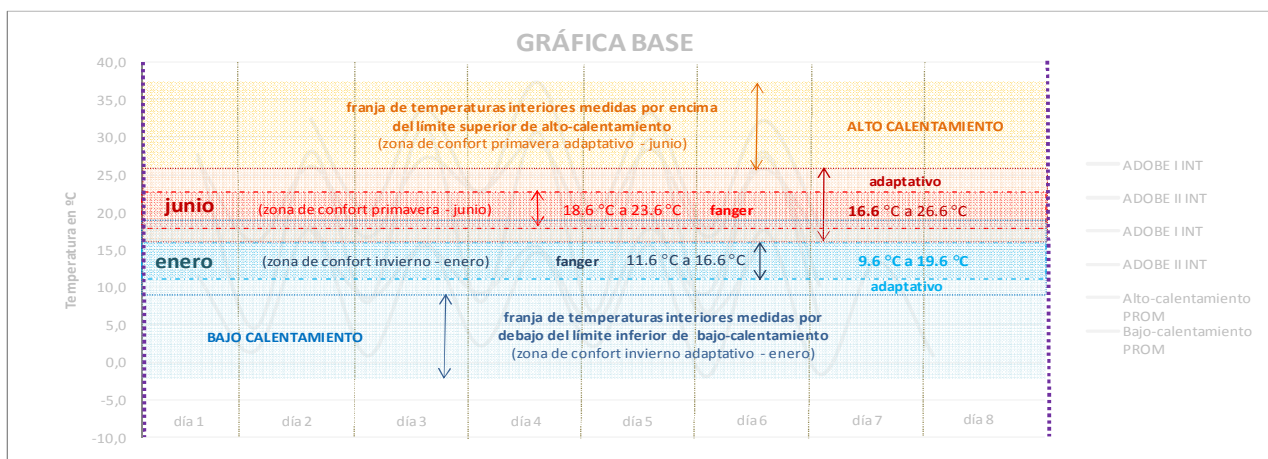
Lo primero que debe recordarse, es que se presentaron condiciones de temperaturas variantes durante los dos períodos de medición (ambos de siete días) aunque, como también pudo verse, dichas oscilaciones fueron considerablemente menores en relación con las de los espacios anteriores. Las temperaturas del período de primavera fueron muy homogéneas, mientras que en el invierno, aunque también fueron regulares, se presentó un ligero descenso de la temperatura mínima (3K menos durante los dos últimos días de medición).

Además de lo anterior, es importante también reiterar que se han presentado variantes en las mediciones de los espacios interiores que son determinantes en las temperaturas medidas, por lo cual la lectura de las gráficas no debe realizarse considerando en forma paralela las temperaturas entre ambos períodos de estudio; es decir, no hay una correspondencia de días y comportamientos entre los 7 días de medición de cada período y, por lo tanto, la interpretación debe hacerse en forma más general, observando oscilaciones diarias y comportamientos más regulares o más irregulares.

### **7.2.1. Temperaturas promediadas**

Para simplificar los análisis, y teniendo en cuenta que para cada vivienda se realizaron tomas de temperaturas exteriores de todos los casos de estudio, se ha decidido sintetizar éstas y calcular temperaturas promedio para cada período de medición, esto con el objeto de facilitar la interpretación de todos los casos entre sí; además, las resultantes se comparan con las de la recopilación de datos del capítulo III (análisis climático) y así, se obtienen conclusiones sobre el comportamiento climático de los períodos elegidos en relación con los datos históricos.

En la tabla 42 se muestra completa la serie de datos de ambos períodos, misma que sirvió para calcular las temperaturas promediadas que se repiten por separado en la parte inferior.



**Figura 180.** Gráfica muestra de análisis comparativos.





### 7.2.1.1. Tabla sintetizada de temperaturas promediadas ambos períodos

	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
Bajo-calentamiento	3,1	0,3	16,9	3,1	16,1	1,7	13,4	2,7	17,2	2,2	18,3	-3,9	12,8	0,0	
Bajo-calentamiento	19,9	2,6	23,8	1,9	21,1	3,7	13,7	7,2	16,4	2,3	17,8	-2,3	13,7	1,5	
Bajo-calentamiento		1,4	17,2	0,4	14,4	2,6	12,4	1,7	16,7	-5,1	12,7	-1,6	11,4	1,8	
Bajo-calentamiento			17,5	0,2	15,1	1,7	13,5	0,9	10,1	-4,1	21,1	-2,9			
Bajo-calentamiento			16,9	1,7	16,3	4,3	15,6	1,5	16,3	-2,5	15,7	-2,6			
Bajo-calentamiento			16,1	1,8	16,4	0,9	17,2	0,7	18,3	-3,2	17,9	-2,0			
Bajo-calentamiento			18,3	-4,1	19,7	0,0	15,7	0,0	14,9	-2,0	16,7	2,1			
Bajo-calentamiento			17,1	1,9	9,0	2,6	16,2	1,9	15,3	-2,9	21,2	0,3	15,6	0,3	
PROMEDIOS	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9	
Alto-calentamiento	27,6	3,6	28,0	7,5	31,2	8,0	30,6	7,0	29,7	6,5	28,0	5,6			
Alto-calentamiento	24,5	4,6	27,5	7,7	29,0	7,5	28,5	5,0	27,5	6,0	26,0				
Alto-calentamiento	28,8	4,4	31,8	8,0	31,0	7,7	31,4	6,6	29,3	6,1	27,8	5,1			
Alto-calentamiento			28,0	8,7	30,7	9,1	30,7	8,1	30,1	8,4	27,8	7,2			
Alto-calentamiento	28,7	6,0	25,3	8,2	29,5	8,7	29,9	7,6	29,2	7,3	26,4	5,9			
Alto-calentamiento	28,3	3,9	31,0	7,6	34,5	7,7	32,7	6,3	31,5	6,3	30,9	4,6			
Alto-calentamiento			24,4	7,7	32,3	7,2	30,5	6,1	30,5	5,9	28,8	5,0			
PROMEDIOS	27,6	4,5	28,0	7,9	31,2	8,0	30,6	6,7	29,7	6,6	28,0	5,6			
resumen															
Bajo-calentamiento	11,5	1,4	18,0	0,9	16,0	2,2	14,7	2,1	15,7	-1,9	17,7	-1,6	13,4	0,9	
Alto-calentamiento	27,6	4,5	28,0	7,9	31,2	8,0	30,6	6,7	29,7	6,6	28,0	5,6			

**Tabla 42.** Análisis comparativos. Síntesis de temperaturas exteriores.

En general, las principales variaciones observadas entre los distintos estudios de caso, se dieron por los cambios de radiación solar derivados a su vez de nublados intermitentes.

Las temperaturas medidas a la sombra, fueron en promedio 3K menores de las tomadas a la luz directa del sol y en los períodos mencionados de nublados, se daban en forma inmediata variaciones de al menos 2K.

Durante el invierno, las temperaturas máximas se registraron entre las 13 y 14 horas y las mínimas entre 5 y 6 horas; mientras que, en el período de alto-calentamiento, las temperaturas mínimas continuaron presentándose durante las primeras horas de la mañana (5 a 6), aunque las máximas se ubicaron entre lapsos más prolongados (13 a 16 horas).

7.2.1.2. Gráfica sintetizada de temperaturas promedio de ambos períodos

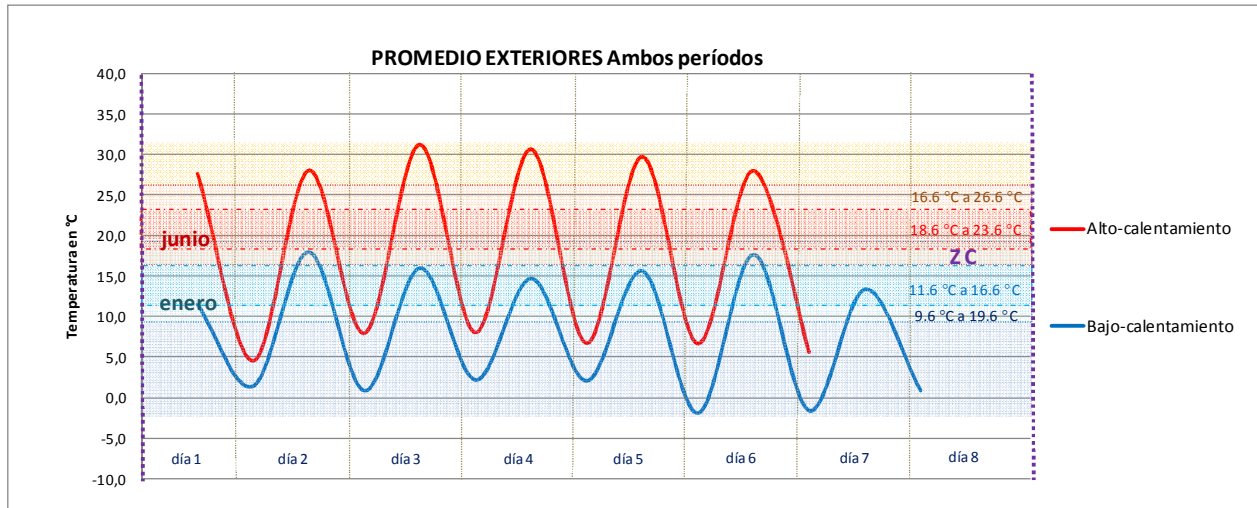


Figura 181. Gráfica de análisis comparativos. Temperaturas promediadas.

Lo más destacable de la gráfica anterior (figura 181), es que las oscilaciones térmicas fueron mayores durante el período de alto-calentamiento, esto se debe a una mayor humedad relativa presente durante el invierno. De acuerdo con el análisis climático, se registra un período breve de lluvias durante los meses de enero y febrero que, si bien no es de consideración, modifica el comportamiento de la humedad relativa del ambiente. Durante la primavera, el clima se mantiene mucho más seco y esto genera oscilaciones que durante los días de investigación fueron de hasta 24K.

En la tabla 43, se hace un estudio comparativo entre la recopilación de datos de gabinete del análisis climático y las mediciones en campo. Al margen de las comparaciones particulares, puede afirmarse que en ambos casos, las temperaturas medidas estuvieron por encima de las recabadas en los datos históricos.

PARAMETROS	U	ENERO		JUNIO	
TEMPERATURAS	U	ANÁLISIS CLIMÁTICO	MEDICIONES	ANÁLISIS CLIMÁTICO	MEDICIONES
MAXIMA EXTREMA	°C	17,3	21,2	31,8	34,5
MAXIMA	°C	13,5	15,3	26,9	29,2
MEDIA	°C	4,2	7,9	17,2	17,9
MINIMA	°C	-5,2	0,6	7,5	6,5
MINIMA EXTREMA	°C	-8,8	-5,1	4,8	3,6
OSCILACION	°C	18,7	14,7	19,4	22,7

Tabla 43. Análisis comparativo entre temperaturas exteriores del análisis climático y de las mediciones.

### 7.3. Temperaturas interiores

La primera comparación entre los datos de los períodos de medición corresponde a las temperaturas interiores. A continuación se sintetizan las de ambos períodos: franja azul corresponde al bajo-calentamiento y la roja al alto-calentamiento.

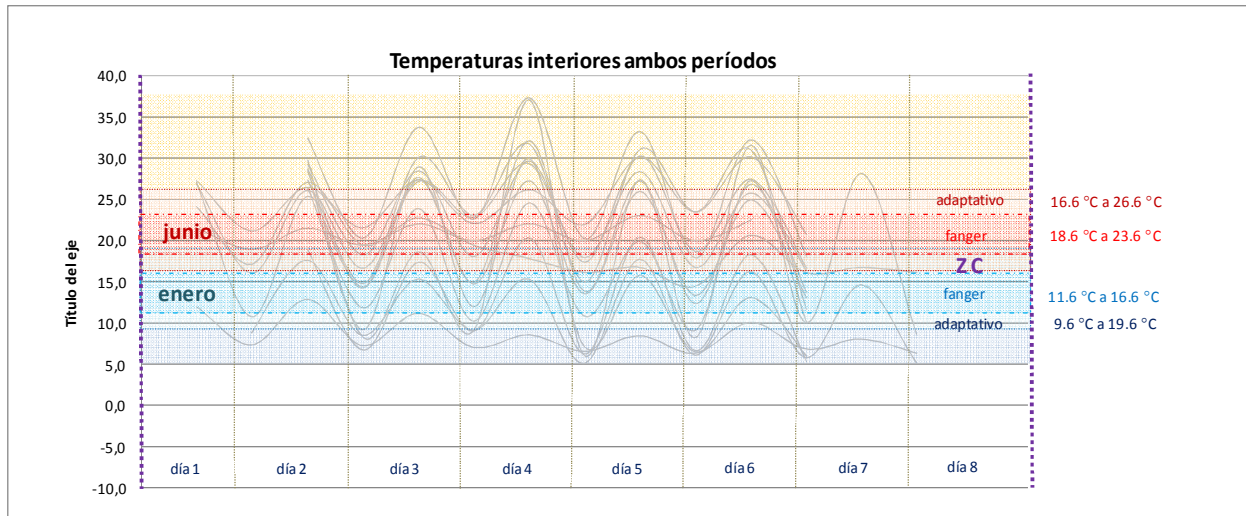
#### 7.3.1. Tabla de temperaturas interiores ambos períodos

	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
C E T CONTROL	24,1	17,1	27,0	19,4	22,7	19,4	17,8	16,1	16,7	14,4	20,6	16,1	16,7	16,1	
C E T COCINA	12,0	7,4	12,9	7,3	11,2	7,1	8,6	6,6	8,5	6,4	10,1	6,9	8,1	6,4	
ADOBE I		8,9	17,7	8,6	15,4	9,2	15,4	5,2	17,8	6,2	16,3	5,9	14,7	5,2	
ADOBE II			26,4	11,8	23,9	10,2	24,6	10,8	19,9	9,1	27,3	10,1			
PIEDRA I			18,9	6,8	17,4	9,1	20,3	6,3	20,4	6,7	18,3	5,4			
PIEDRA II			29,3	18,3	28,5	18,1	29,7	17,4	30,3	18,7	27,5	16,7			
MADERA I			28,5	9,2	29,0	12,0	30,0	7,1	15,8	6,5	13,1	6,0			
MADERA II			29,8	8,3	18,7	9,2	37,1	6,1	27,4	8,3	31,6	10,1	28,2	8,7	
MADERA III				14,3	27,4	14,9	32,1	13,8	27,2	12,3	26,8	13,7			
C E T CONTROL	21,5	19,0	21,5	19,5	22,0	20,0	22,0	20,0	23,0	20,0	22,5				
ADOBE I	26,9	16,0	26,1	16,6	27,2	22,8	29,4	17,9	28,4	16,7	25,8	16,3			
ADOBE II			32,4	20,3	33,7	22,6	37,3	20,2	33,2	17,9	32,2	18,1			
PIEDRA II	27,2	21,1	26,4	21,5	27,3	22,0	26,1	21,9	30,1	23,4	30,1	20,7			
MADERA II	27,0	10,7	25,3	14,2	27,6	14,7	27,2	13,5	25,9	13,3	24,9	13,0			
MADERA IV			28,7	14,8	30,1	23,1	31,7	15,0	31,1	23,5	31,0	11,7			

**Tabla 44.** Análisis comparativos. Temperaturas interiores.

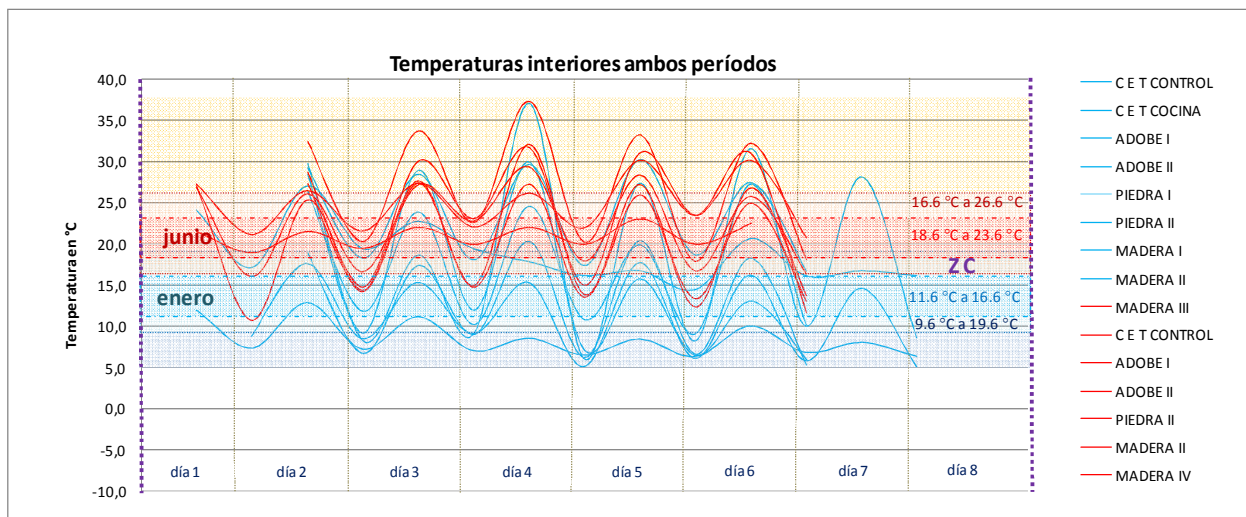
Es muy importante enfatizar que los patrones de comportamiento de las temperaturas exteriores entre los dos períodos de estudio, no guardan paralelismo alguno; si se grafican los días 1 al 8 simultáneamente, es para comparar oscilaciones y trayectorias regulares o irregulares, de tal forma que si se desea analizar un caso particular con la temperatura exterior de un momento preciso, es necesario revisar las gráficas individuales del capítulo VI.

### 7.3.2. Gráficas de temperaturas interiores ambos períodos



**Figura 182.** Gráfica de análisis comparativos.

En general, las temperaturas interiores de todos los estudios son sumamente desiguales. Al margen de comprender que se trata de dos períodos muy distintos de medición y de casos de estudio diversos, es evidente el desconocimiento sobre la posibilidad de control térmico de sus espacios interiores.



**Figura 183.** Gráfica análisis comparativos.

La gráfica 183 (realizada con los mismos datos de la 182), muestra diferenciados los períodos de estudio (línea azul y línea roja para bajo-calentamiento y alto-calentamiento respectivamente); a pesar de las grandes diferencias entre las temperaturas exteriores

de ambos períodos, en algunas de las viviendas se alcanzaron temperaturas interiores similares en ambos períodos de medición.

Ya se ha venido reiterando que las condiciones desiguales se debieron al sobre calentamiento durante los horarios de cocción de alimentos. No obstante, también es evidente que las oscilaciones se derivan del comportamiento extremoso de las temperaturas exteriores (en ambos períodos de medición).

#### **7.4. Comparativos agrupados**

En las gráficas que se presentan a continuación, se agrupan los datos de las mediciones —interiores y exteriores<sup>80</sup>— de ambos períodos de estudio.

Se plantean comparaciones entre todos los casos en las siguientes formas:

- 1) Mismo estudio de caso en ambos períodos.
- 2) Mismo material en ambos períodos.
- 3) Distintos materiales en ambos períodos.
- 4) Distintos materiales en mismo período.
- 5) Usos distintos del espacio interior (espacios con y sin cocción de alimentos).

En estas comparaciones, se reiteran nuevamente las diferencias entre los distintos materiales y sistemas constructivos de cada estudio de caso, enfatizando los mejores ejemplos y acotando aquellos con mayores problemas y las causas de estos (conservación, ganancias internas).

Para hacer más breve el análisis, se omiten las tablas de datos y se presentan exclusivamente las gráficas, pues de éstas se infieren más claramente las similitudes y diferencias entre todos los materiales, así como ventajas y desventajas entre ellos.

Una vez más, se codifican las tablas con un color distinto para acentuar las diferencias con las gráficas individuales de los dos períodos y se acotan los comentarios principales enseguida de cada conjunto de gráficas, de los que se deducen en forma definitiva las recomendaciones y sugerencias del capítulo VIII (Conclusiones).

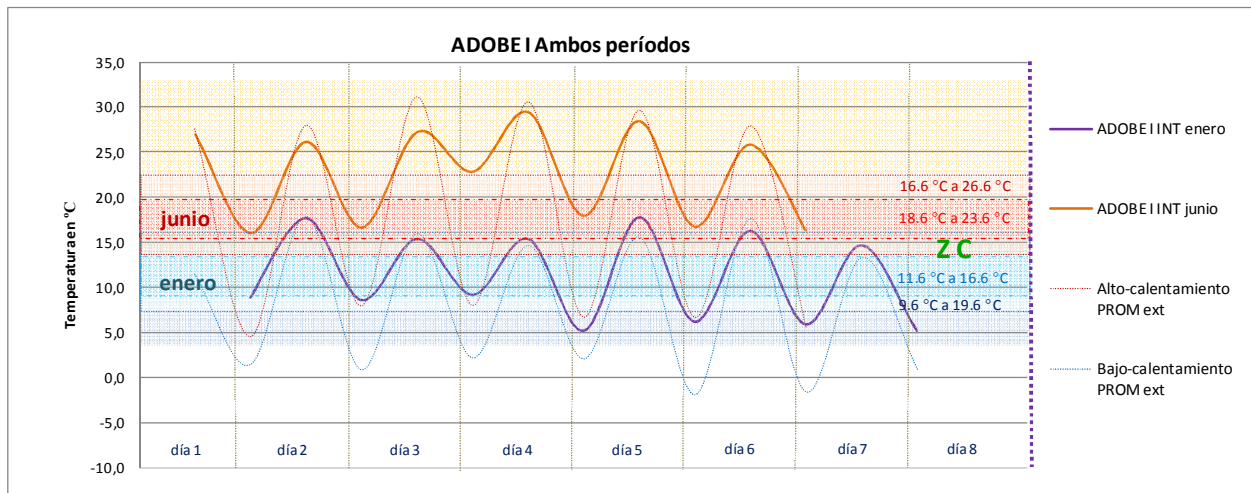
---

<sup>80</sup> Se utilizan en todos los casos las temperaturas promediadas calculadas.

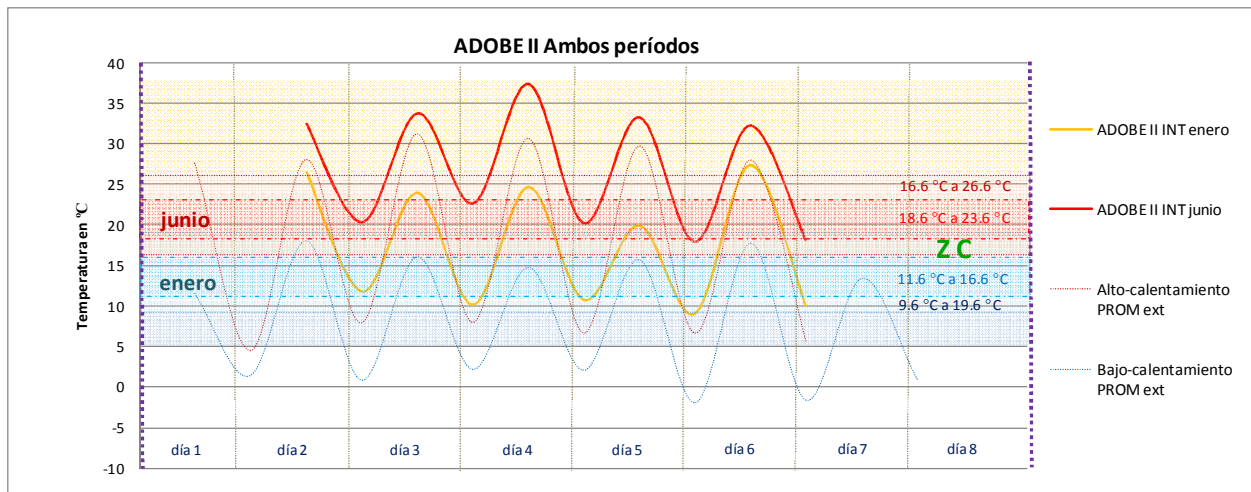


### 7.4.1. ADOBE

Debido a la conductividad térmica y el calor específico de la tierra, se presenta un cierto paralelismo entre temperaturas interiores y exteriores, principalmente en los interiores cuyas fachadas quedan expuestas por largos períodos a los asoleamientos.

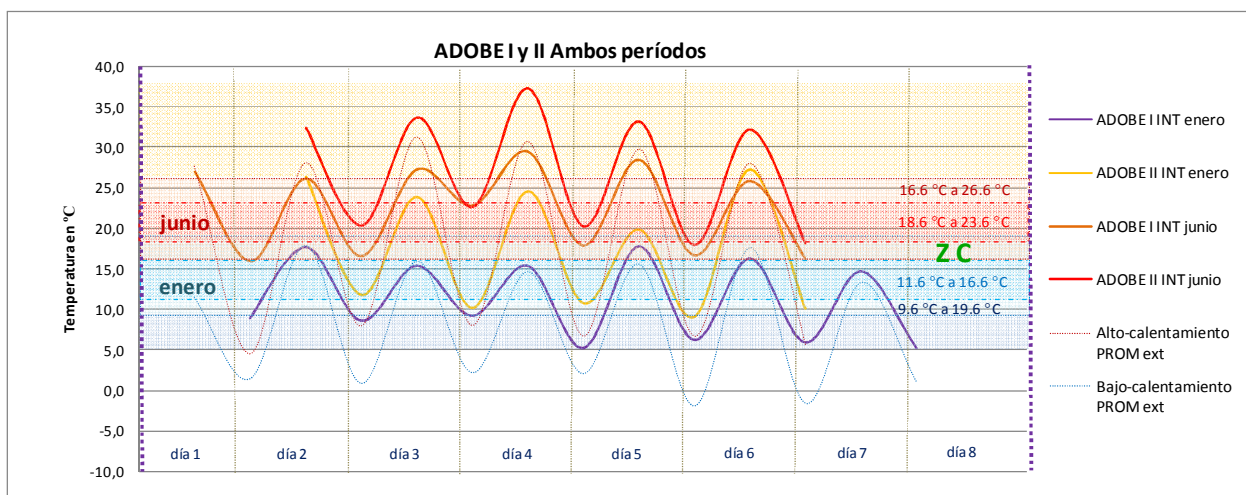


**Figura 184.** Análisis comparativos ADOBE I. Ambos períodos.



**Figura 185.** Análisis comparativos. ADOBE II. Ambos períodos.

En la figura 185 se aprecia que la conductividad del adobe se ve en todo caso influida por los comportamientos de las temperaturas exteriores y por eso las temperaturas del período de alto-calentamiento en combinación con las ganancias internas, generan sobre calentamiento interior.



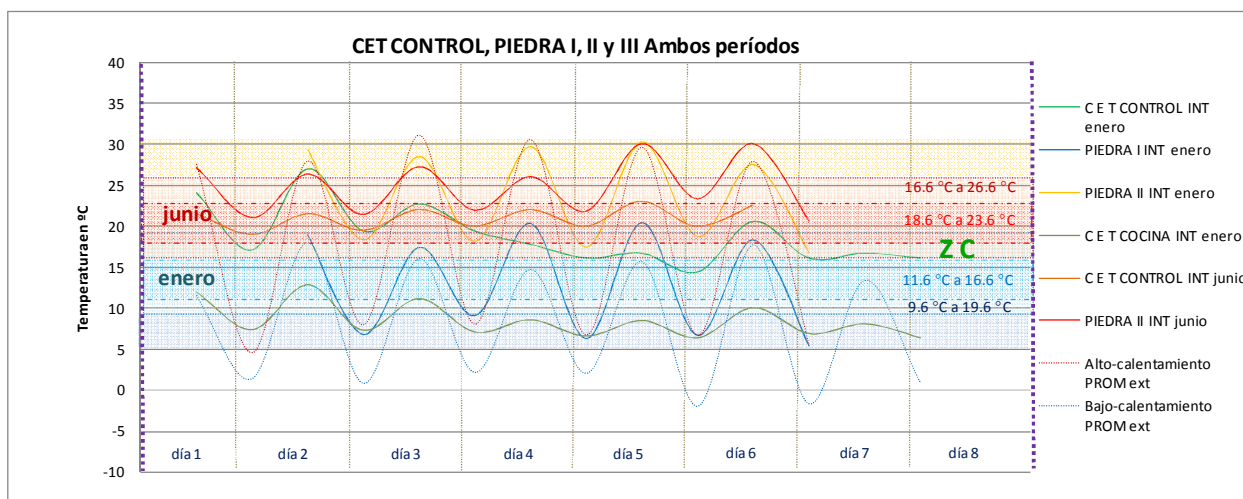
**Figura 186.** Análisis comparativos. ADOBE I y II.

El adobe es el material cuyas variaciones térmicas se dan más directamente proporcionales a las variaciones del clima exterior (con los espesores de las viviendas medidas); aunado a esto, el calentón de lámina, utilizado para cocinar en la habitación ADOBE II, funciona como equipo de calentamiento activo (también durante la primavera) y por lo tanto, presentó temperaturas y oscilaciones más altas que las de habitación ADOBE I, que al no contar con el calentón, presentó temperaturas interiores menos elevadas.

En los espacios expuestos a los asoleamientos, la temperatura interior se ve modificada por el efecto de retardo térmico (ADOBE I) y en el caso de la habitación ADOBE II, el factor que modifica las temperaturas interiores es la cocción de alimentos. Ésta se convierte en una constante de gran importancia.

#### 7.4.2. PIEDRA

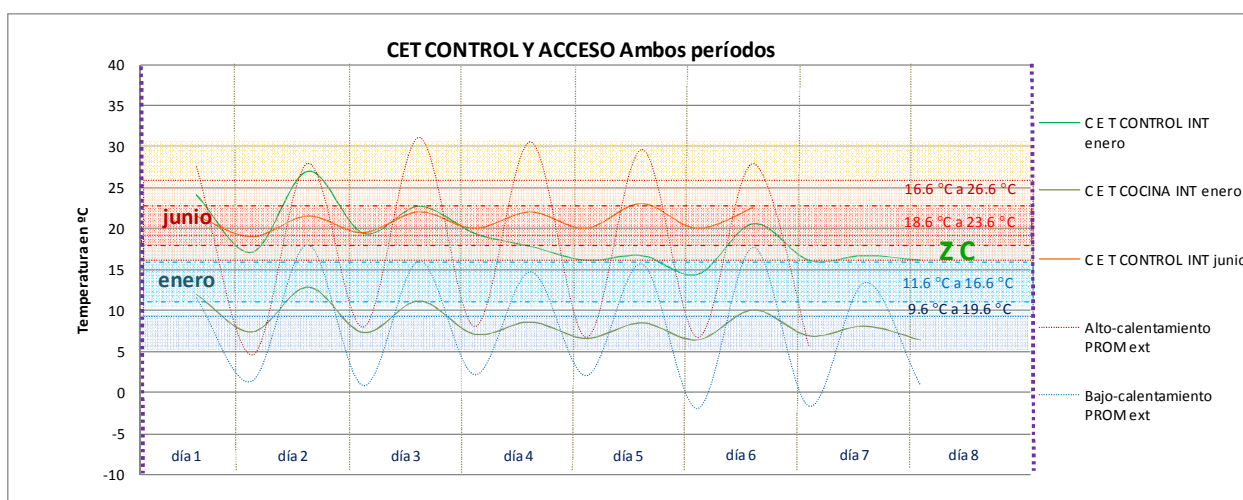
Entre los distintos casos estudiados, la piedra es el material que presentó los comportamientos más regulares y las oscilaciones térmicas más bajas. A pesar de verse afectada también por los espacios y períodos de cocción, los cambios de temperatura interior son menores en relación con los otros dos materiales (adobe y madera). Su comportamiento del clima interior es el más aceptable, en virtud de que los rangos de oscilación son muy inferiores a los de las temperaturas exteriores.



**Figura 187.** Análisis comparativos CET, PIEDRA I, II y III.

Aún tratándose del material más favorable, se aprecian las diferencias entre los casos estudiados. Las oscilaciones disminuyeron en la medida que el espacio está mejor aislado del exterior, aunque también es determinante el retardo térmico derivado de la orientación de las viviendas (asoleamientos).

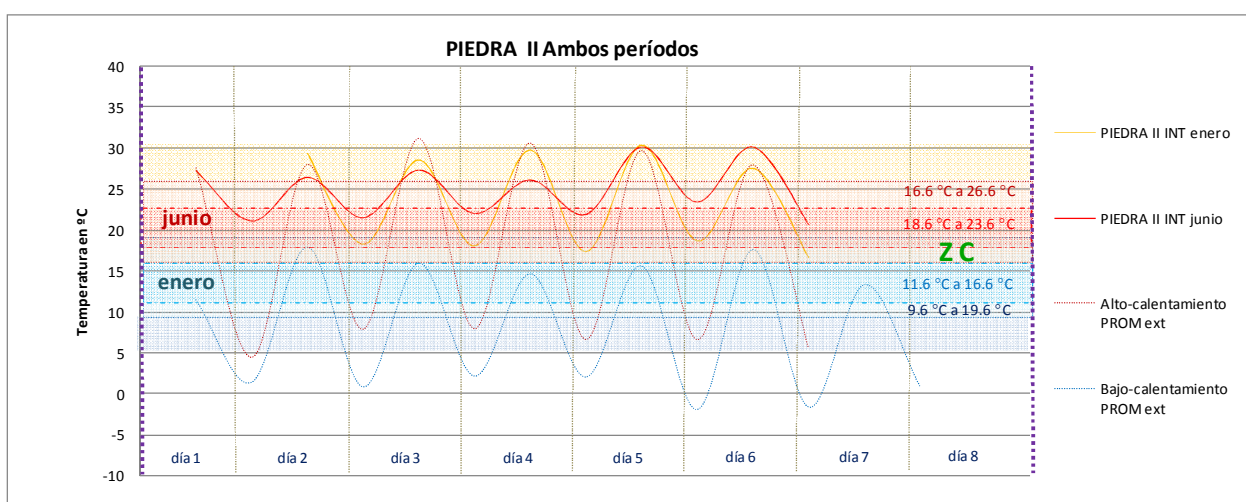
Entre todos los casos de estudio, la vivienda CET CONTROL se convirtió en el referente principal, no sólo de materiales y técnicas bien empleados, sino de control sobre el uso del espacio interior (ganancias internas y cocción).



**Figura 188.** Análisis comparativos CET TUTOR

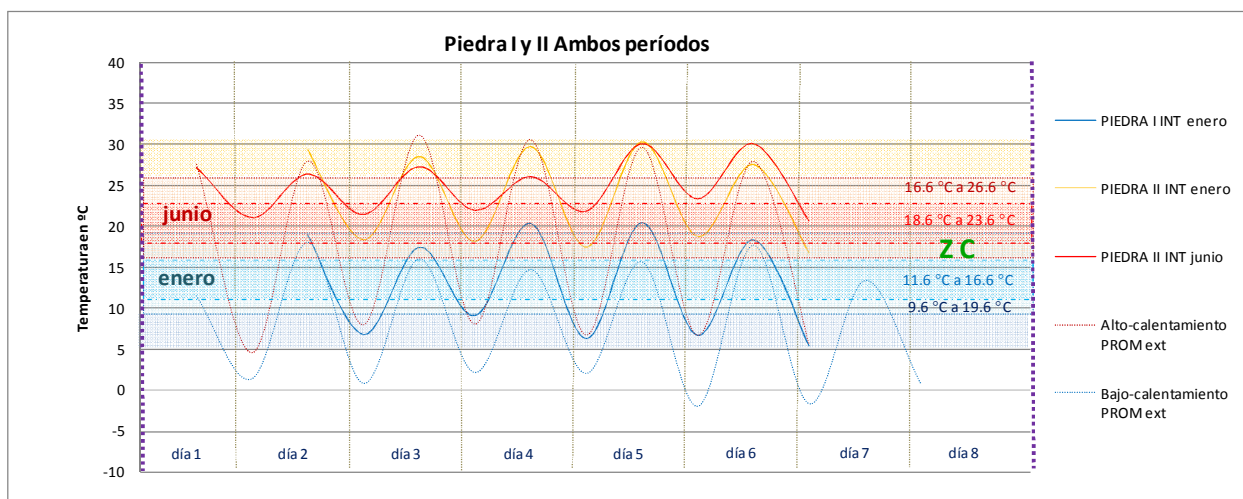
Sin duda el mejor ejemplo de comportamiento regular es CET TUTOR. Tal como se explicó en el capítulo anterior, se mantuvo deliberadamente sin calentamiento activo el cuarto CET CONTROL del día 4 al día 6; se perdieron 8K y las pequeñas variantes se debieron al retardo térmico (masividad), efecto también apreciable en el comportamiento de la cocina, en la que no sólo no se contaba con calentamiento activo, sino que era la habitación menos favorecida de todo el bloque (orientada al noroeste); sin embargo, su comportamiento fue homogéneo con oscilaciones máximas de 7K, aunque siempre por debajo del límite inferior de la zona de confort.

Es indudable que el efecto de configuración compacta de toda la vivienda, ayudó a conservar la temperatura interior; las pérdidas por conducción se reducen dado que el perímetro de esta vivienda no está en contacto con el exterior.



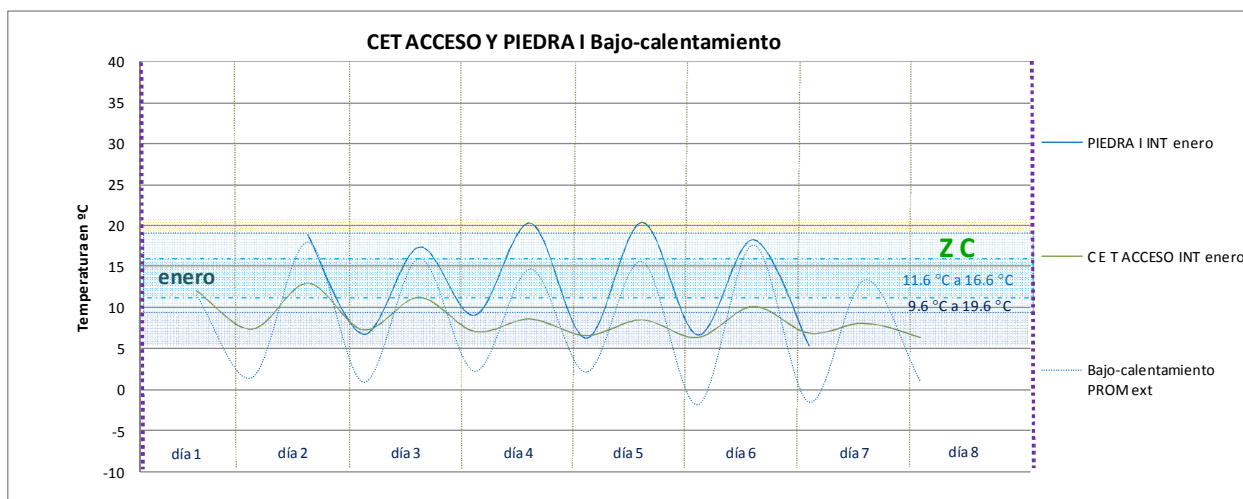
**Figura 189.** Análisis comparativos PIEDRA II.

El caso PIEDRA II ha sido, después de CET TUTOR, la que presentó los mejores comportamientos. Se aprecia que en los dos períodos el comportamiento oscilatorio está muy por debajo del presentado por las temperaturas exteriores; también es evidente que los períodos de calentamiento activo (calentón) inciden en forma directamente proporcional en los ascensos de temperatura de los interiores.



**Figura 190.** Análisis comparativos PIEDRA I y II.

Las diferencias entre dos viviendas cuyos procedimientos constructivos son similares, se dan por el estado de conservación de ambas; PIEDRA I presentó serios problemas de filtraciones (huecos) y sus oscilaciones fueron hasta 3 veces las presentadas por PIEDRA II, vivienda perfectamente aislada. La vivienda PIEDRA I no pudo medirse durante el segundo período de mediciones por encontrarse deshabitada.



**Figura 191.** Análisis comparativos CET ACCESO y PIEDRA I.

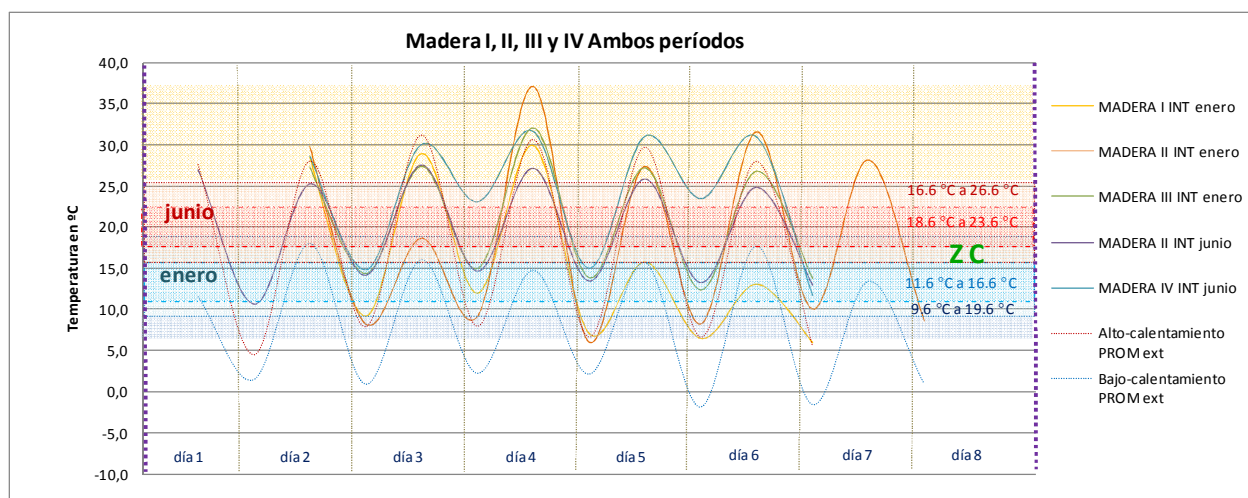
Es interesante apreciar las diferencias entre las viviendas PIEDRA I y CET ACCESO. Mientras la primera estuvo expuesta al asoleamiento, a las ganancias internas y a los vientos, la segunda permaneció resguardada por el pórtico norte y por la construcción

perimetral y no contó con algún sistema de calentamiento activo. Se identifican la radiación directa como el principal modificador natural de la temperatura interior.

Es también evidente que los espacios en los que no se cocina, presentan patrones de temperatura mucho más uniformes.

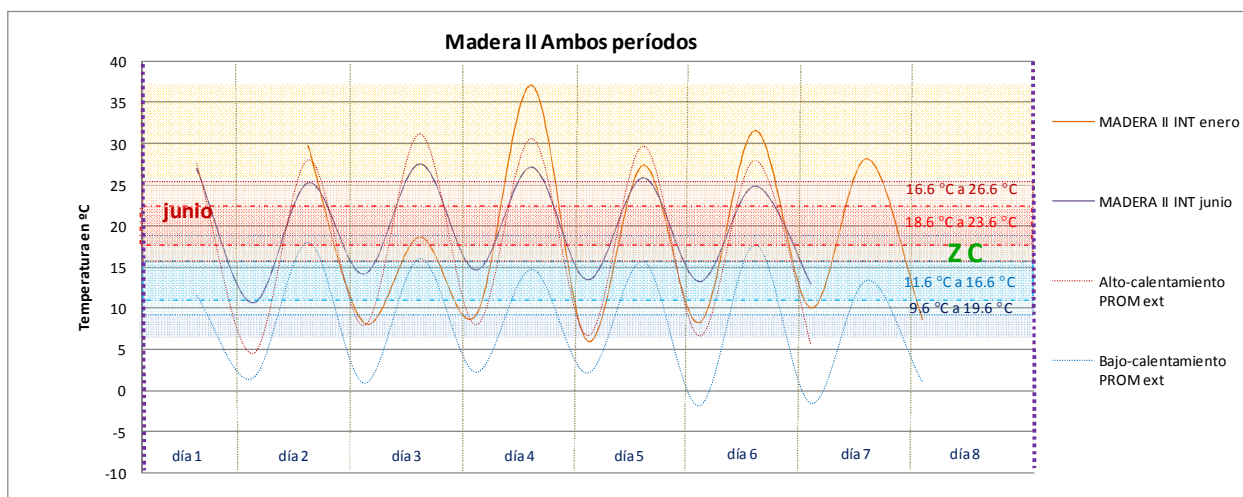
### 7.4.3. MADERA

Entre los casos estudiados, el de la madera tiene una gran relevancia por tratarse de un material muy utilizado, que si bien presenta algunas virtudes en su comportamiento térmico (alta conductividad), los sistemas constructivos hallados han sido los más afectados por las temperaturas exteriores.



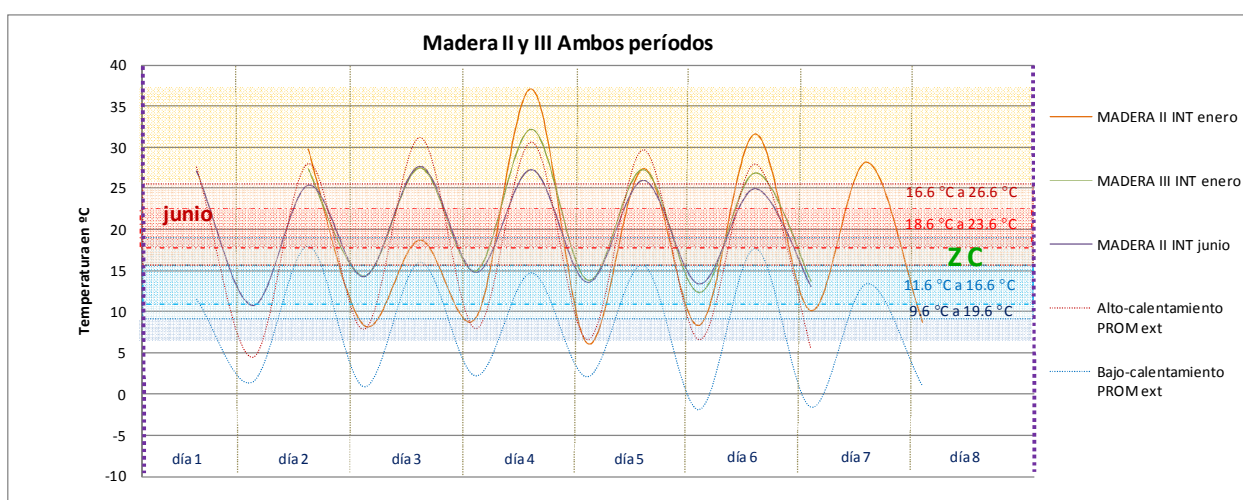
**Figura 192.** Análisis comparativos MADERA I, II y III.

Los comportamientos de las viviendas de madera son los que presentan las mayores oscilaciones térmicas entre todos los casos de estudio; la combinación de alto calor específico con baja conductividad térmica de la madera (aun con las diferencias de los espesores), propicia cambios drásticos de temperatura en lapsos breves de tiempo, con lo cual resulta complicado generar condiciones estables de temperatura interior. No obstante, existen diferencias entre el caso mejor resuelto —MADERA III— y el resto de las viviendas; esto se origina en un mayor cuidado sobre las filtraciones y el relleno del techo, que genera ambientes mucho más regulares.



**Figura 193.** Análisis comparativos. MADERA II, ambos periodos.

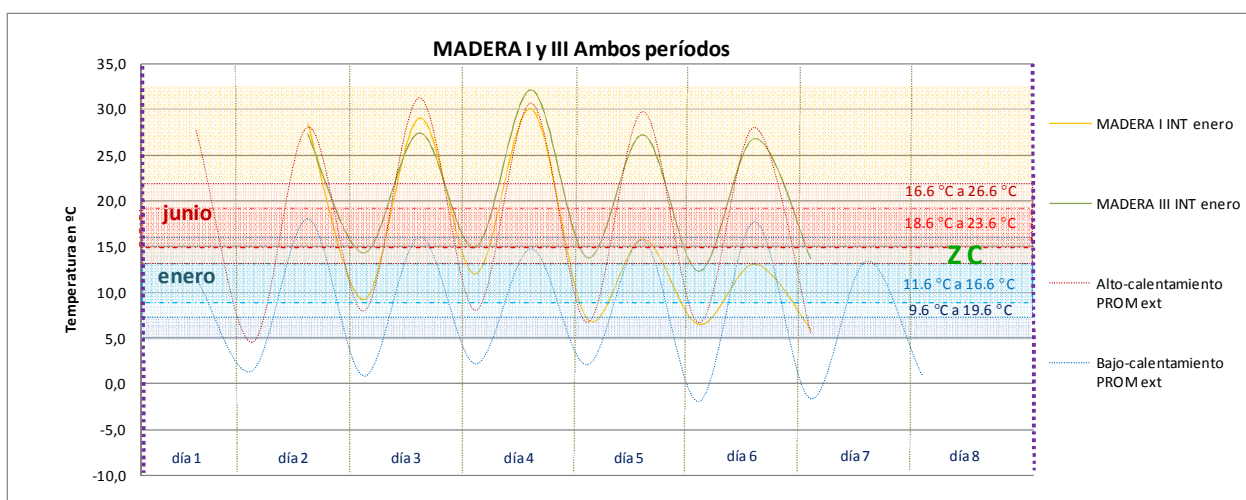
En la figura 193 aparecen graficados ambos periodos de mediciones para la vivienda MADERA II. Durante el invierno los horarios de cocción de alimentos generan oscilaciones altas y comportamientos irregulares, el espacio se calienta y se enfría rápidamente ante la baja masividad, efecto que se agudiza con las temperaturas muy frías de las madrugadas. Por otra parte, las mediciones de junio, período en el que no se utilizó el calentón, hacen ver que los comportamientos fueron más homogéneos y las oscilaciones disminuyeron, aunque continuaron siendo elevadas.



**Figura 194.** Análisis comparativos MADERA II y III.



En la gráfica anterior (figura 194), se pueden apreciar las diferencias entre procesos constructivos distintos. Mientras la vivienda MADERA III (sólo medida en invierno), construida con troncos, ripio de tierra y cubierta con “torta”, presentó oscilaciones máximas diarias de 13K; la vivienda MADERA II, cuya cubierta no contaba con la torta y estaba construida con tablas delgadas, presentó diferenciales de hasta 32K en un solo día<sup>81</sup>.



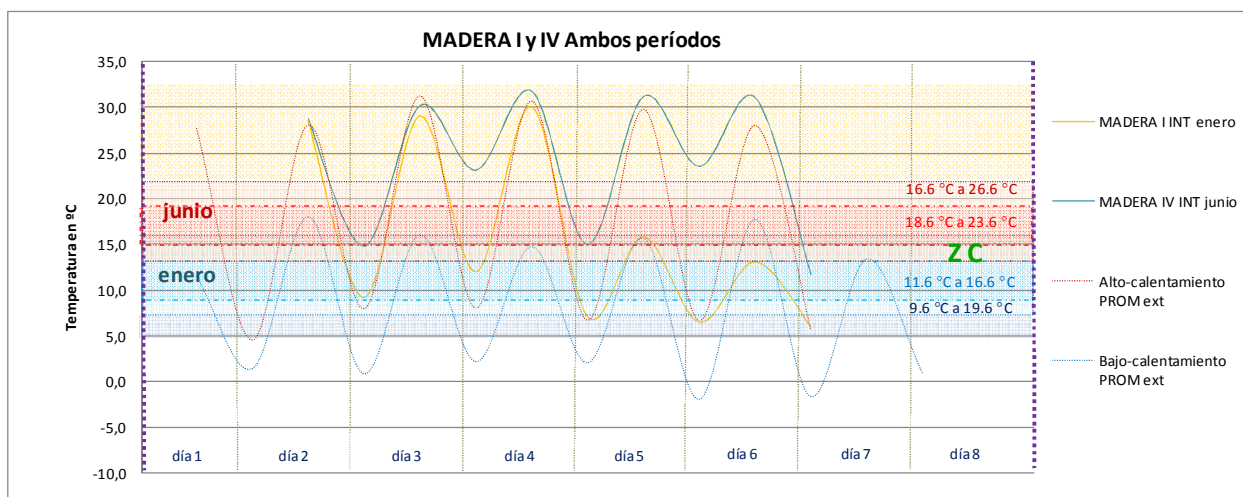
**Figura 195.** Análisis comparativos MADERA I y III.

En la figura 195 se agrupan dos viviendas construidas con sistemas similares (troncos y doble techo), en los que sus diferentes comportamientos se derivaron de detalles constructivos, en este caso la utilización o no del relleno de tierra en el techo interior.

Mientras MADERA III estaba contenida en una vivienda de dos habitaciones y contaba con la torta (techo) y el ripiado (muros), MADERA I tenía el doble techo simple (sin relleno) y esto aunado a quedar deshabitada durante los días 5 y 6 (perder las ganancias internas), implicó una pérdida de temperatura (máxima) de 15K de un día a otro.

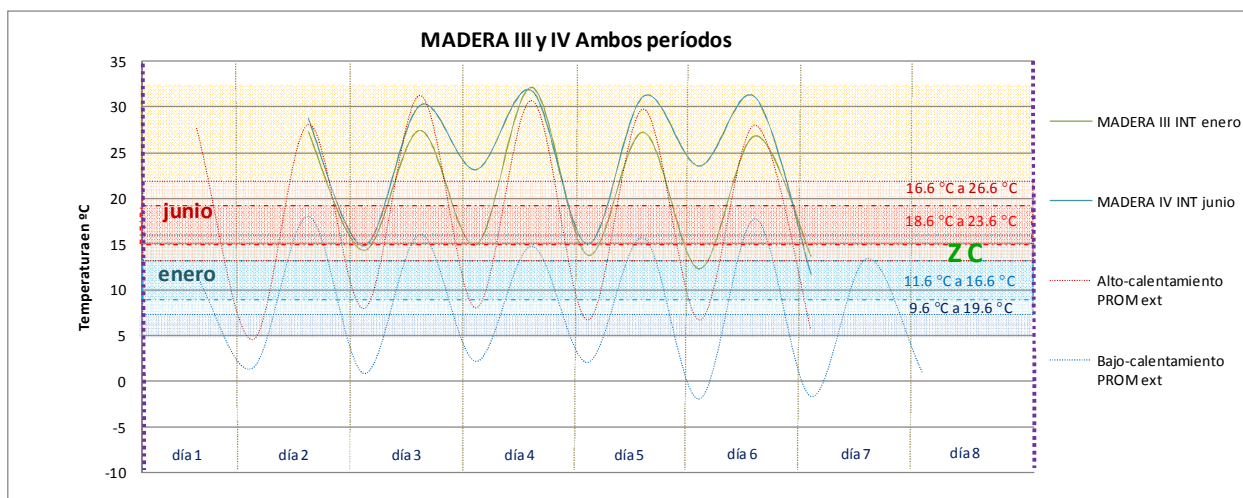
Este ejemplo sirve para los efectos favorables del relleno de tierra (torta) en el techo interior.

<sup>81</sup> Las más altas de todos los casos de estudio y de ambos períodos de mediciones.



**Figura 196.** Análisis comparativos MADERA I y IV (viviendas con calentón).

En la figura 196 se evidencia de nuevo que el uso del calentón propició los comportamientos inestables interiores y por lo tanto elevadas oscilaciones térmicas.



**Figura 197.** Análisis comparativos MADERA III y IV.

Una vez más, se aprecian las diferencias de oscilaciones entre un espacio sin actividades de cocción (MADERA III, enero) y otro en el que dos de los cinco días de mediciones se utilizó el calentón (MADERA IV, junio, días 4 y 6).

## 7.5. Comparativos finales

Si bien se ha reiterado que las condiciones halladas sobre la utilización del espacio impidieron obtener mediciones que se asemejen a las de un ambiente más controlado, en todo caso pudieron obtenerse referencias susceptibles de ser utilizadas para mejorar las condiciones de habitabilidad de cualquiera de los casos estudiados y para cualquier combinación posible de procedimientos constructivos y materiales.

El presente y último apartado de las mediciones refiere los comparativos finales, agrupados de la siguiente forma:

1. Mejores ejemplos de cada material en cada período de estudio.
2. Casos contrarios en ambos períodos<sup>82</sup>.
3. Espacios con y sin calentamiento activo en ambos períodos.

### 7.5.1. Gráficas comparativas finales

#### 7.5.1.1. Mejores ejemplos de bajo-calentamiento

Como se ha venido reiterando, CET CONTROL es nuevamente el referente principal de los comparativos finales.

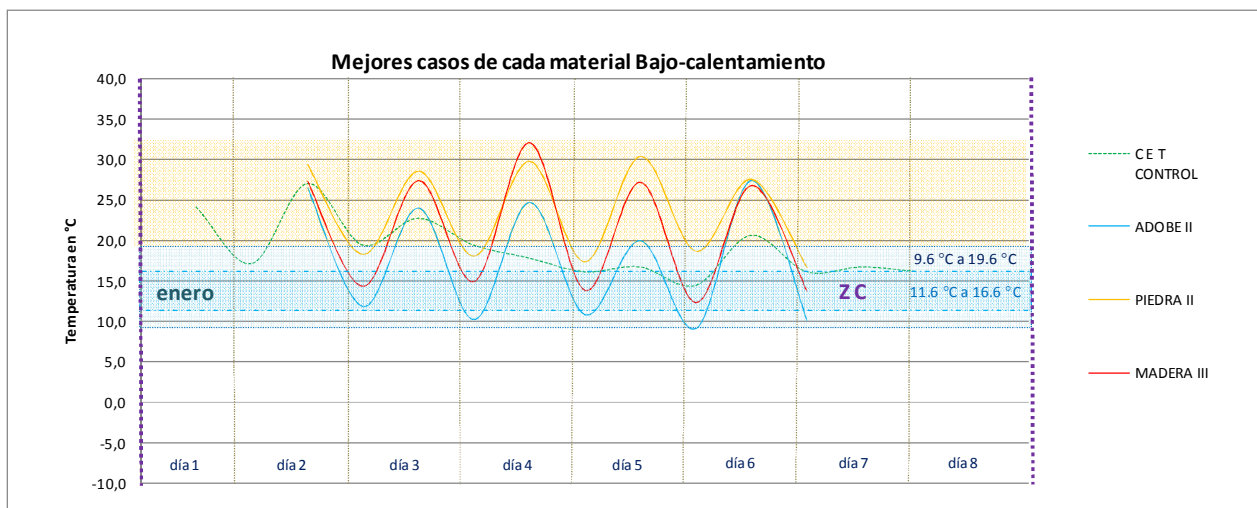


Figura 198. Análisis comparativos finales 1.

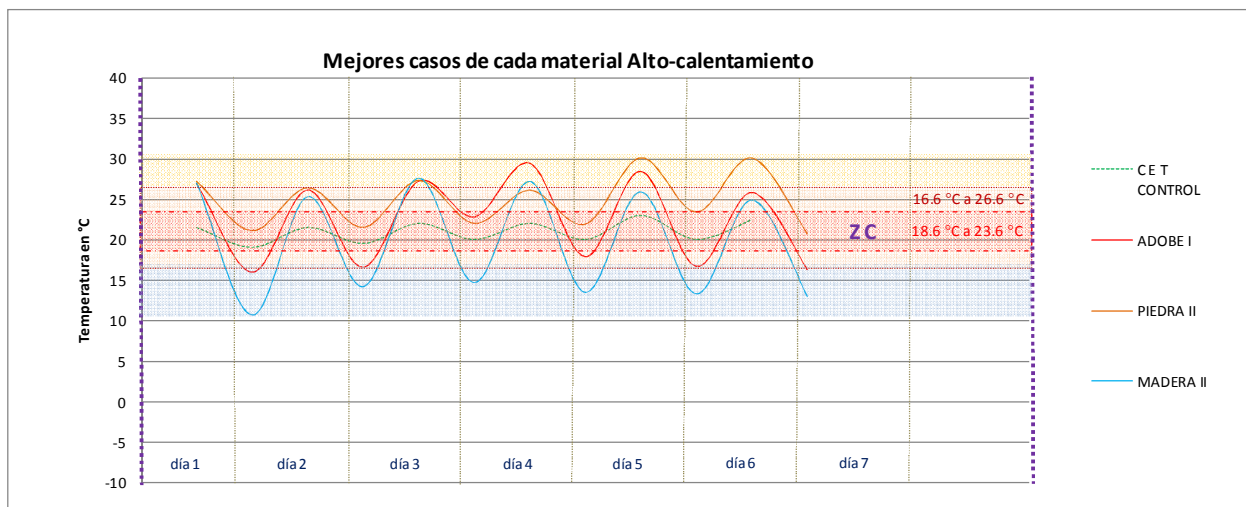
<sup>82</sup> Comparativos entre el mejor ejemplo (CET CONTROL) y los estudios con comportamientos más desfavorables.

En la primera de las gráficas (figura 195), se agrupan los tres mejores ejemplos de cada material, que fueron los que presentaron las oscilaciones menores del período.

Son claras las diferencias apreciables; mientras en CET TUTOR pudo controlarse el tiempo de calentamiento activo –chimenea-, y se disminuyeron los intercambios térmicos derivados de la apertura de los accesos, en los otros tres estudios de caso, a pesar de tratarse del período de bajo-calentamiento, las temperaturas interiores excedieron el límite superior de la zona de confort, debido al reiterado descontrol sobre el calentamiento activo.

#### 7.5.1.2. Mejores ejemplos de Alto-calentamiento

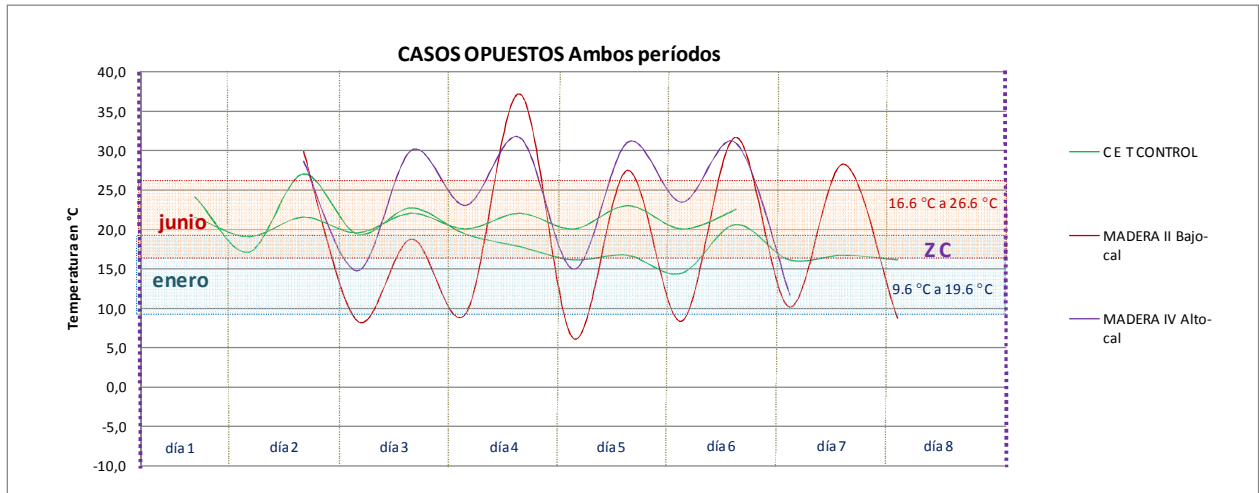
En el caso del período de alto-calentamiento, de la misma manera se puede observar que CET CONTROL, además de contar con el procedimiento constructivo y los materiales más estables, fue el único caso estudiado en el que las condiciones de uso del espacio interior pudieron controlarse (accesos, empleo de cortinas, ventilación natural).



**Figura 199.** Análisis comparativos finales 2. Mejores ejemplos de cada material

Sobre estas las dos últimas gráficas (figuras 198 y 199), es importante enfatizar que las mayores oscilaciones y problemas de sobre-calentamiento interior, fueron mayores (en contra de lo esperado) durante el período de mediciones de enero, lo cual resulta ciertamente paradójico.

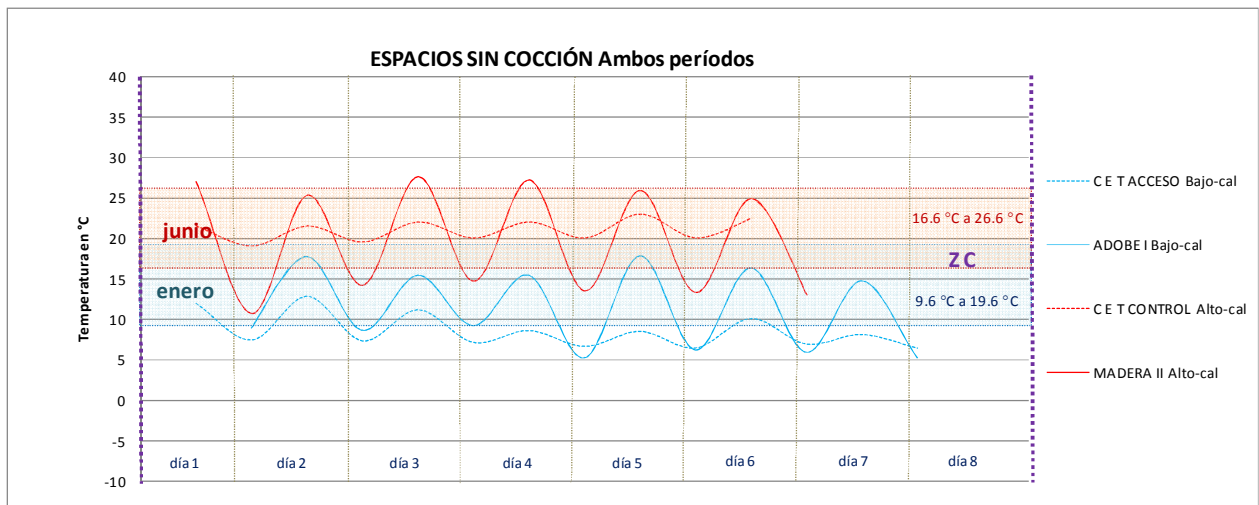
### 7.5.1.3. Casos contrarios de ambos períodos



**Figura 200.** Análisis comparativos finales 3. Los mejores y peores comportamientos.

Como ejemplo de comportamientos opuestos, se presentan los dos casos de madera más irregulares junto al del CET CONTROL. Mientras en éste último, los comportamientos son estables y sus oscilaciones son menores a 4K por día, en las primeras, se evidencia que la temperatura interior se mueve con variantes enormes que no dependen del comportamiento exterior sino del uso inadecuado del espacio interior.

### 7.5.1.4. Espacios sin cocción en ambos períodos



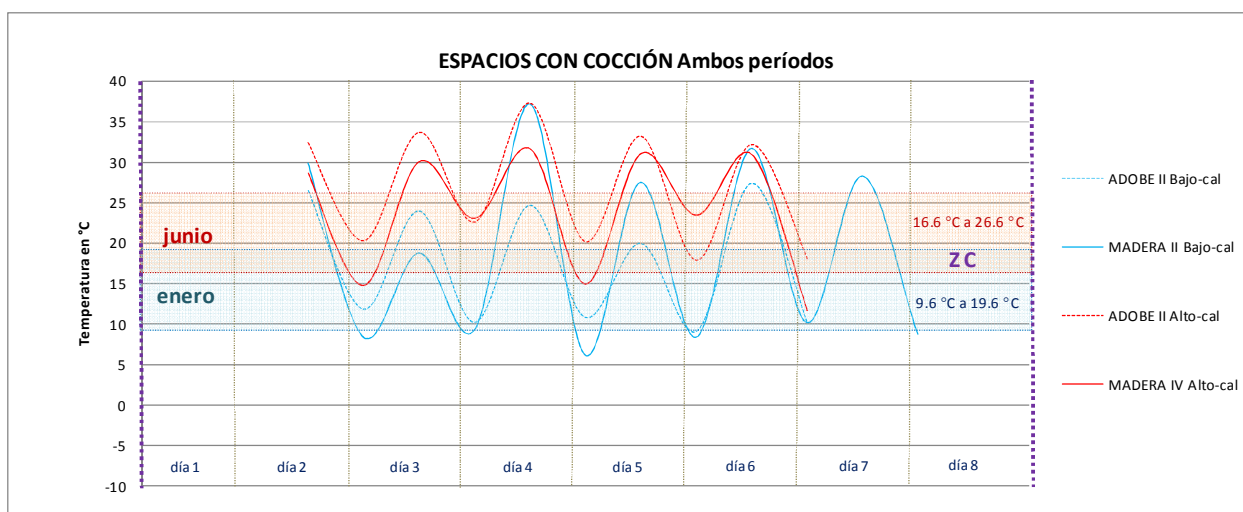
**Figura 201.** Análisis comparativos finales 4. Espacios sin cocción.

En esta última comparación, se aprecia que los espacios en los que no se lleva a cabo la cocción de alimentos, las temperaturas fueron notablemente regulares y sus oscilaciones se correspondieron con las temperaturas exteriores.

Si es deseable que se obtengan condiciones de temperatura con oscilaciones pequeñas, éste sería un punto fundamental para concluir que el calentón es el primer factor de comportamientos irregulares.

Para comprobar lo anterior, en esta gráfica se agrupan los espacios de ambos períodos en los que se cuenta con calentón.

#### 7.5.1.5. Espacios con cocción en ambos períodos



**Figura 202.** Análisis comparativos finales 5. Espacios con cocción.

La última gráfica de la figura 202, evidencia una vez más los problemas generados por el uso inadecuado del calentón, en los cuatro estudios de caso que contaron con él durante ambos períodos de mediciones.

De esta comparación surge uno de los asuntos principales a mejorar, que es la reducción máxima posible de los comportamientos irregulares y las variaciones drásticas de temperaturas en los espacios interiores.

## 7.6. Resumen gráfico general de ambos períodos

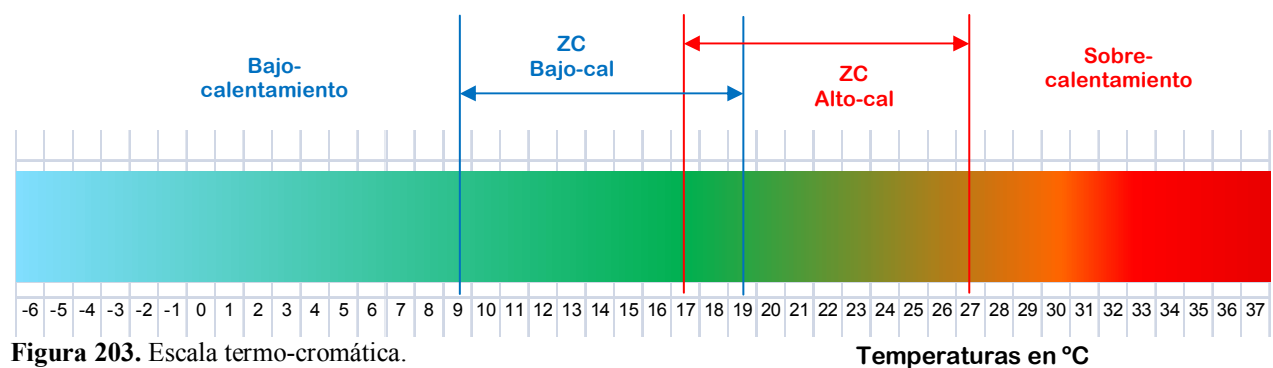
A manera de comentarios finales del capítulo, este último apartado muestra un conjunto de gráficas y tablas que sintetizan la información (datos duros y cifras) con el objeto visualizar con mayor claridad los comparativos finales sobre todos los análisis expuestos.

La síntesis general principal de la tabla citada (45) contiene los siguientes datos extremos para cada caso de estudio y sobre los dos períodos de mediciones:

- Temperaturas interiores y exteriores.
- Oscilaciones térmicas (interiores y exteriores).
- Sobre-calentamiento y bajo-calentamiento<sup>83</sup>.
- Rango total de temperaturas interiores.
- Oscilaciones exteriores máximas.

Después de la tabla 45, aparecen varias gráficas que agrupan algunos de los datos y que enfatizan a su vez las cifras más relevantes.

Para la lectura de la tabla general se agrega el siguiente código cromático que pretende resumir el comportamiento de cada caso de estudio. Se vuelven a acotar las zonas de confort y sus respectivos límites como referentes básicos de esta última representación



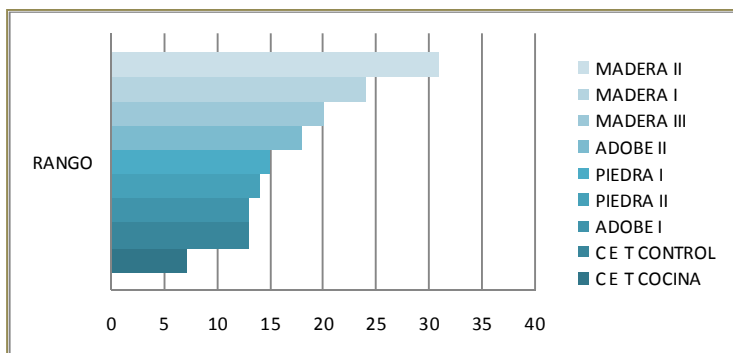
<sup>83</sup> Se refiere así, aunque puede en este caso interpretarse como enfriamiento.



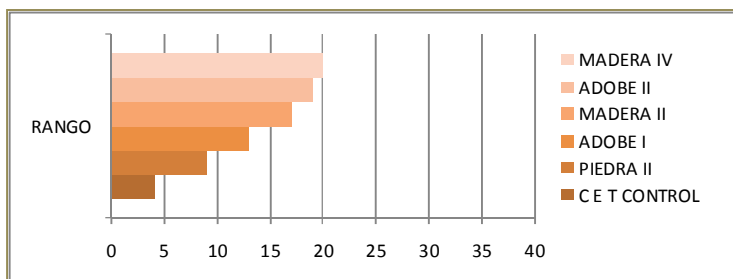
INTERIORES											EXTERIOR
	TEMP EXTREMAS		OSCILACIONES			SOBRE CAL	BAJO CAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TOTAL	OSCIL
	general		diariaS			diarios		CROMÁTICO		general	diaria
	°C	°C	K	K		K	K			K	K
	MAX	MIN	MAX	MIN		MAX	MAX			RANGO	MAX
C E T CONTROL	27,0	14,4	10	1		10	0		confort a sobre-calentamiento ligero	13	22
C E T COCINA	12,9	6,4	6	2		0	3		bajo-calentamiento coninuo	7	22
ADOBE I	17,8	5,2	13	6		0	4		bajo-calentamiento a confort	13	22
ADOBE II	27,3	9,1	18	9		8	1		bajo-calentamiento ligero a sobre-calentamiento ligero	18	25
PIEDRA I	20,4	5,4	14	8		1	4		bajo-calentamiento ligero a sobre-calentamiento ligero	15	22
PIEDRA II	30,3	16,7	13	9		8	0		confort a sobre-calentamiento medio	14	22
MADERA I	30,0	6,0	23	7		10	3		bajo-calentamiento ligero a sobre-calentamiento medio	24	24
MADERA II	37,1	6,1	31	10		18	4		bajo-calentamiento ligero a sobre-calentamiento alto	31	24
MADERA III	32,1	12,3	18	13		13	0		confort a sobre-calentamiento medio	20	20
C E T CONTROL	23,0	19,0	3	2		0	0		confort continuo	4	24
ADOBE I	29,4	16,0	12	4		3	1		confort a sobre-calentamiento medio	13	27
ADOBE II	37,3	17,9	17	11		11	0		confort a sobre-calentamiento elevado	19	22
PIEDRA II	30,1	20,7	8	4		4	0		confort a sobre-calentamiento medio	9	22
MADERA II	27,6	10,7	15	13		1	6		bajo-calentamiento a sobre-calentamiento ligero	17	24
MADERA IV	31,7	11,7	19	7		5	5		bajo-calentamiento ligero a sobre-calentamiento medio	20	25
TODOS LOS RANGOS DEL MÉTODO ADAPTATIVO											

Tabla 45. Síntesis general de temperaturas extremas y oscilaciones.

### 7.6.1. Gráficas sintetizadas de oscilaciones



**Figura 204.** Oscilaciones máximas diarias, Bajo-calentamiento.

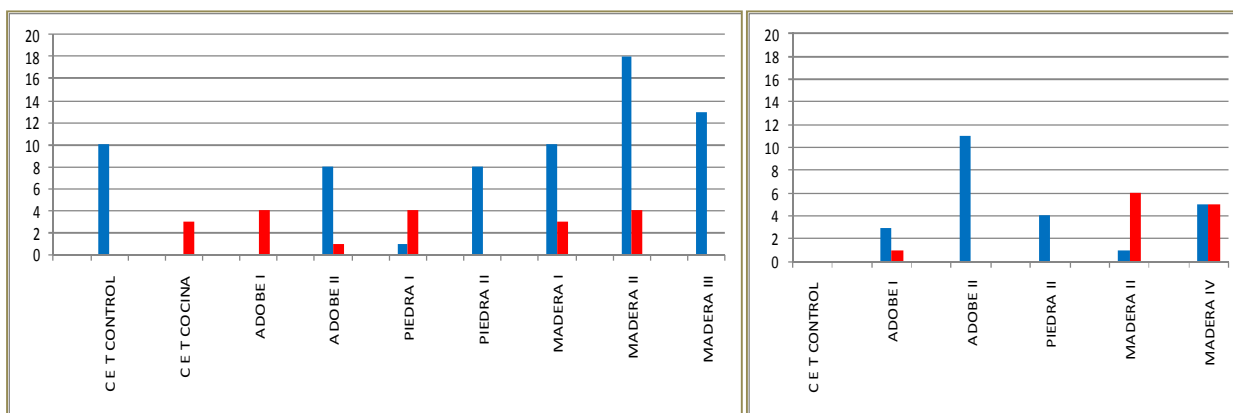


**Figura 205.** Oscilaciones máximas diarias, Alto-calentamiento.

En las gráficas de la izquierda (Figuras 204 y 205) se resumen los registros de las oscilaciones máximas de los distintos casos de estudio, tanto del período de Bajo- calentamiento (gráfica superior) como de Sobre-calentamiento (gráfica inferior).

Las cantidades se refieren en valores K y se acotan en orden descendente y pueden una vez más apreciarse las diferencias entre los distintos casos de estudio, de acuerdo con sus materiales.

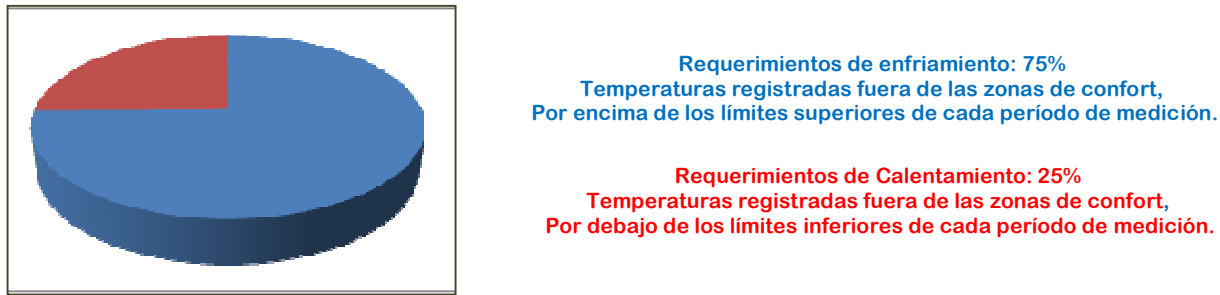
### 7.6.2. Gráficas de bajo-calentamiento y sobre-calentamiento



**Figura 206.** Gráficas sintetizadas de sobrecalentamiento y bajo-calentamiento. Ambos períodos.

A manera de una gráfica de días grado, las imágenes de la figura 206, representan los niveles de temperatura que en cada estudio de caso registraron por encima y por debajo de los límites (superior e inferior, respectivamente) de las zonas de confort.

En función de estos límites excedidos, se presentan mediante las franjas azules y rojas las necesidades hipotéticas de enfriamiento y calentamiento respectivamente, que en una sumatoria simple dan lugar a la siguiente gráfica:



**Figura 207.**Gráfica de porcentajes.

La representación final de porcentajes de la figura 207, sintetiza los niveles máximos de sobre-calentamiento y bajo-calentamiento indicados en las gráficas de la figura 206. Si bien no debe interpretarse en unidades de tiempo, sirve para comprender que, en forma paradójica, son más los problemas de “calor” que de “frío” que se generaron en los interiores de las viviendas, a pesar de que en gran parte del tiempo medido las temperaturas exteriores se ubicaron por debajo de los límite inferiores de las respectivas zonas de confort.

### **7.7. Comentarios finales**

De acuerdo con las últimas gráficas y tablas del apartado final del capítulo, quedaron reforzados los argumentos sobre las situaciones más favorables y/o desfavorables de cada unos de los estudios de caso, desde luego partiendo de las ventajas y desventajas que ofrece cada material, de acuerdo a sus procedimientos constructivos y, obviamente, al estado de conservación de la vivienda.

Se ha insistido en las razones que ocasionaron los mayores problemas documentados sobre el comportamiento térmico de los espacios interiores y en todo caso, se cuenta con la información que sirvió de base para las conclusiones y recomendaciones que se abordarán en el capítulo siguiente (VIII) y último de la tesis.

## **8. CAPITULO VIII**

## **8.1. Lo previsto y lo hallado**

Los *rarámuris* son el grupo étnico más aislado de todo el país y uno de los más marginados de todo el mundo. Por razones antropológicas, políticas, sociales y culturales, ha subsistido durante siglos limitado y carente de apegos a bienes materiales y su vivienda no es la excepción.

Si consideramos que la arquitectura bioclimática plantea un vínculo inherente usuario-contexto y es la vivienda de los *rarámuris* el tema central de la investigación, los resultados obtenidos se tienen desde distintos enfoques, mismos que a continuación se agrupan de acuerdo con el proceso de investigación (reconocimiento, clasificación y mediciones).

### **8.1.1. Los *Rarámuris* y la Alta Tarahumara**

Los factores climáticos (latitud, altitud, relieve) de la Alta Tarahumara, hacen de ésta la zona que registra las temperaturas más bajas de todo el país; paralelamente, cuenta con radiaciones solares muy elevadas (niveles por encima de los 1,200 W/m<sup>2</sup>); estos dos factores generan condiciones climáticas extremas y de enormes oscilaciones de temperaturas (hasta 32K) medidos durante los períodos de estudio).

Por su parte, los *rarámuris* han desarrollado una condición física adecuada a este hábitat, y su adaptación muestra estar por encima de los parámetros aceptados como universales (rango de confort del Método Adaptativo). Son pocas las circunstancias por las cuales ellos manifiestan descontento en relación con el clima, si bien en algunos períodos del año se registran temperaturas altas, su adaptación al frío será siempre mayor. Se sabe que cuando deciden emigrar en busca de trabajo, lo hacen siempre hacia las mesetas –Chihuahua, Cuauhtémoc– y nunca lo harán hacia la costa (Sinaloa o Sonora), sitios que, por el contrario, son la alternativa para los pobladores de la Baja Tarahumara –Batopilas, Urique, Choix–.

### 8.1.2. Confort y aclimatación

El confort<sup>84</sup> es, sin duda, uno de los puntos medulares de la arquitectura bioclimática. En el caso concreto de los *rarámuris*, sin afirmar que pasa éste a un plano por completo inadvertido, se ha podido constatar una capacidad de adaptación a adversidades importantes referentes a salud, hambre, higiene y frío, entre otra; con lo cual, el enfoque sobre la comodidad pasa a ser un tema subjetivo y releva al confort higrotérmico a un segundo plano. Sin embargo, no puede negarse que el generar condiciones más favorables en sus espacios interiores pasa a ser un tema primordial cuando se abordan temas como la salud y los recursos (la leña), tal como se verá más adelante.

### 8.1.3. Vivienda y contexto

En todos los sitios visitados se encontraron patrones de asentamiento dispersos, con formas libres que propician viviendas separadas entre sí, cuyas fachadas quedan expuestas al asoleamiento (todas las orientaciones); aunque los *rarámuris* tienen conocimiento sobre los movimientos del sol, de los casos estudiados no puede inferirse que la orientación de las casas tenga una relación directa con alguno de los puntos cardinales<sup>85</sup>, sin embargo, se ha podido constatar que la acción del viento y los asoleamientos inciden en las temperaturas interiores de todos los casos estudiados, según sea el caso, positivamente o de manera desfavorable.

El hecho de haber permanecido tan aislados, ha propiciado que su vivienda siga manteniendo en forma y espacio una identidad peculiar y, a diferencia de muchas de las culturas indígenas del país, no se hayan presentado alteraciones de fondo.

### 8.1.4. Clasificación de vivienda

La clasificación tipológica realizada es la primera sobre esta región del país y se basa en un universo de viviendas documentadas durante el viaje de reconocimiento.

---

<sup>84</sup> Son cinco los casos de confort: higrotérmico, lumínico, acústico, visual, olfativo y psicológico. Se sugiere consultar la bibliografía general para abundar sobre el tema.

<sup>85</sup> Será motivo de indagación para futuras investigaciones en un mayor número de poblados.

Existen al menos siete tipos distintos de muros y cinco de cubiertas con los materiales tradicionalmente usados y de acuerdo con lo visto, esta clasificación puede ser aplicable para toda la Alta Tarahumara.

En la sección final de futuras investigaciones, se hace alusión a la posibilidad de completar, ampliar y perfeccionar esta clasificación, en un trabajo mucho más especializado, por lo que no se descartan posibles omisiones.

#### **8.1.5. Las configuraciones**

La vivienda consiste en una habitación de aproximadamente 6 x 4 m, ya sea en un área completa o dividida en dos partes, con una comunicación interior y en muchos casos sin puerta; cuenta con elementos accesorios externos (desintegrados del cuerpo principal) para necesidades sanitarias, aunque se bañan dentro de la misma habitación durante el invierno y se asean en espacios exteriores (ríos) en primavera y verano.

En cualquiera de las tres configuraciones, se localiza siempre el calentón al centro de la habitación en uno de los dos sentidos y cargado hacia la orilla en el otro.

No en pocos casos, se encuentra junto a la vivienda un espacio contiguo accesorio usado como dormitorio en períodos de climas más calurosos, en el que recientemente, se instalaron estufas “lorenas” (para primavera y verano); sus resultados son favorables pues evitan el sobrecalentamiento de los espacios interiores del bloque principal.

Además de lo anterior, es frecuente encontrar tipologías idénticas para los espacios accesorios.

#### **8.1.6. Estrategias de diseño bioclimático**

Más allá de las diferencias entre los distintos casos de estudio y sus ventajas o desventajas, los lineamientos de arquitectura bioclimática corresponden con los revisados en el análisis bioclimático; las proporciones de vanos en relación con elementos macizos es de 10%; en todos los casos se utiliza la doble techumbre con la cubierta exterior inclinada para desalojar lluvia o nieve (periódica), y el techo interior que es el que trabaja térmicamente.



Se han podido corroborar las elevadas radiaciones solares y los cambios drásticos de temperatura que originan, al tiempo que se cuenta con testimonios que señalan nociones claras sobre las ventajas y desventajas de cada material usado (madera, piedra adobe).

#### **8.1.7. Materiales y elementos constructivos. La torta y el ripiado**

Hablando de materiales y procedimientos constructivos, pudieron constatarse las diferencias entre los distintos materiales y en cualquier caso, la forma de concebir la vivienda por parte de los *rarámuris* corresponde con estrategias de diseño adecuadas a su entorno geográfico y climático (revisadas en el análisis bioclimático)

Uno de los implementos más vistos que favorecen las condiciones térmicas de los espacios interiores de la vivienda es la tierra. Como complemento de los procesos constructivos es utilizada por los *rarámuris* en muros (ripiado) y techos (torta), y su implementación propicia comportamientos menos oscilatorios. En el caso del ripio sobre muros de tronco de madera, se apreció con frecuencia que es muy frágil por lo que habrá que indagar en la adherencia para su mayor durabilidad. En cuanto al relleno (torta), la construcción de techos interiores de madera delgada (tabla) con una capa de tierra es la solución más económica y adecuada para generar masividad y retardo térmico, pues la utilización de troncos gruesos es en la actualidad inviable.

La madera es el material más vulnerable ante el uso irregular del espacio (ganancias internas y cocción), sobre todo durante el período de invierno.

En todo caso, hay un conocimiento sobre el mantenimiento de los materiales de la vivienda (la cubierta exterior principalmente) como tema primordial al iniciar una nueva construcción.

##### **8.1.7.1. Adobe, piedra y madera**

La presente investigación se planteó como un análisis de viviendas (envolventes) de los *rarámuris* de la Alta Tarahumara.

Si bien podían suponerse comportamientos térmicos sobre el adobe, la piedra y la madera, de acuerdo con los datos revisados en el capítulo IV (tabla 6), el uso del espacio (ganancias internas) fue determinante en las variaciones térmicas, por lo que las mediciones correspondieron al comportamiento real de estudio de caso (envolvente integral) y no a los valores hipotéticos de un experimento óptimo y controlado de dichos materiales.

La piedra, por su mayor conductividad, es la que generó espacios más homogéneos y las mejores condiciones interiores para el clima extremoso regional.

El adobe, en el espesor utilizado (20 a 25 cm máximo) propició oscilaciones térmicas altas y problemas tanto de sobre calentamiento como de bajo-calentamiento.

La madera (en sus diferentes formas y espesores), propició los valores más irregulares y las oscilaciones más altas, esto por su mayor absorción pero su menor inercia térmica el comportamiento muy afectado por los períodos de cocción de alimentos.

En los tres casos las orientaciones influyeron en la variedad de resultados.

#### **8.1.7.2. La elección de los materiales en la actualidad**

Los *rarámuris* se han asentado históricamente a la orilla de los ríos construyendo sus viviendas con los materiales que tengan a su alcance. Al tiempo que su forma hermética y aislada de subsistencia ha servido para preservar sus usos y costumbres; los materiales que ancestralmente han utilizado –piedra y madera principalmente–, se mantienen con sus elementos arquitectónicos principales; las adaptaciones sobre alternativas vigentes, se dan más por la facilidad de obtención y los costos de mantenimiento.

Los *rarámuris* entienden que la piedra es la mejor alternativa y esto ha podido constatarse con las mediciones y los testimonios obtenidos que hablan de que muchos de ellos continúan durmiendo en las cuevas de las regiones más inaccesibles de las barrancas. Sin embargo, por su dificultad de acarreo y de manejo durante los procesos constructivos, es ya la menos utilizada.

En cuanto a la madera, los *rarámuris* cuentan con técnicas y formas propias de trabajar la madera para levantar sus viviendas; por esta causa ha sido el recurso más disponible y utilizado desde siempre, tanto para muros (troncos redondos) como para cubiertas (tablones tipo canoa), y hoy día, el desarrollo tecnológico (la herramienta de corte), ha propiciado que se sustituya el uso en bruto por tablas laminadas (muros y techos interiores), e incluso por lámina galvanizada (cubierta exterior).

La escasez y dificultad de manejo de los dos materiales anteriores, son los factores que han propiciado que el uso del adobe vaya adoptándose, más recientemente, como la tercera opción para el desarrollo de la vivienda actual. En realidad, en algunas regiones se utilizó desde hace varias décadas y se han podido documentar viviendas con más de 80 años de vida; se conocen de sus ventajas y saben que es el material más fácil de trabajar, por lo que cada vez es más utilizado; no está de más agregar, que la tierra es un elemento integral de sus viviendas, pues prácticamente en todos los casos, se conserva el piso natural y han entendido que el uso del concreto no sólo no es favorable sino les genera espacios interiores muy fríos. No obstante, dichas construcciones son susceptibles de implementos simples que ayudarían a mejorar las condiciones interiores de confort higrotérmico. No obstante la dificultad, pudieron obtenerse varios testimonios mediante entrevistas a distintos pobladores, que son de gran utilidad para la comprensión de los resultados.

#### **8.1.8. Espacios accesorios.**

Los materiales y diseños, así como las formas y técnicas constructivas empleadas para la construcción de espacios accesorios, son los mismos que los revisados en sus viviendas; de acuerdo con las posibilidades económicas presentan variantes, pero por lo visto constan de elementos formales que continúan preservando.

#### **8.1.9. Las mediciones y los casos de estudio**

El proceso de mediciones de temperaturas, quedó condicionado por el estado de conservación de las viviendas y el uso que los *rarámuris* hacen de sus espacios; ambas variables generaron condiciones no controlables, con excepción de la vivienda CET

TUTOR, en la que las mediciones muestran que un espacio controlado y mejor conservado presentará siempre condiciones térmicas más favorables.

Durante las mediciones de junio, las viviendas que no tienen ventanas operables tuvieron problemas de sobrecalentamiento en los períodos de cocción de alimentos mismos que no se vieron compensados con la temperatura fría exterior, por lo que la temperatura promedio interior se incrementó en numerosos lapsos.

Uno de los factores que más afectan la pérdida de temperatura durante las noches es la conducción; al tratarse de habitaciones sencillas sin divisiones interiores y con su perímetro expuesto a todas las orientaciones; en las noches más frías se perdió temperatura.

#### **8.1.10. El clima en los periodos de estudio**

Los datos climáticos obtenidos en los períodos de medición, comparados con los del análisis del capítulo IV, pueden considerarse típicos (clima extremo y oscilatorio); sin embargo las temperaturas máximas extremas fueron ligeramente más altas a las estudiadas sobre ambos períodos.

Por su parte, la calefacción activa (como estrategia principal de los análisis bioclimáticos mensuales y horarios en los períodos de frío extremo), quedó demostrada con el uso continuo de los calentones de leña.

#### **8.1.11. Las variables de las mediciones**

Las mediciones definen los comportamientos de las distintas envolventes. Fue complicado encontrar viviendas idóneas para realizar el experimento. Las más antiguas presentaban las técnicas y materiales tradicionales más apegados a sus formas ancestrales, pero el estado de conservación tan deteriorado implicaba obtener datos con variables determinantes en los resultados, por lo que se decidió medir viviendas que, sin apegarse a lo “ortodoxo”, entendiendo que contaban ya con ciertos materiales más procesados y menos rudimentarios, eran tan válidas como las primeras y, en la práctica, podrían servir mucho más para validar los objetivos; la vivienda de los

*rarámuris* se continuará haciendo en buena medida en estas formas híbridas que combinan las técnicas del pasado con los materiales del presente, pero sin alejarse de los conceptos básicos simples.

#### **8.1.12. Los calentones: calefacción y cocción**

Tema de especial atención es la utilización de los “calentones” de lámina de acero en todas y cada una de las viviendas visitadas, para cocinar sus alimentos y climatizar (calentar) los espacios interiores.

El calentón es, sin duda, indispensable dentro de sus viviendas, sin embargo, su empleo adecuado requiere de un estudio especial enfocado a la educación; los horarios de uso, y el conocimiento sobre la relación que se da entre estos, el material propio de la vivienda y las formas de ventilación, son un tema por ampliar; también se pudo comprobar que ya hay programas de implementación de estufas ecológicas. Desafortunadamente, en varios de los casos no han funcionado por estar mal selladas, ya que el material con el que se prepara el mortero para realizarlas, es principalmente tierra y se generan huecos en los perímetros de los comales, mismos que dejan escapar el humo; este problema por lo que se vio, es recurrente y habrá que poner especial atención en esto; de hecho, un tema de desarrollo posible para el futuro sería la construcción de una cocina híbrida “lorena-calentón”, que pudiera sustituir al tradicional de lámina que genera mucha radiación y también pudiera usarse en períodos de calor. Las estufas lorenas prefieren colocarlas en las partes exteriores de la casa para utilizarlas en períodos de calor, tal es el caso de la casa de madera en la que no se usa el calentón durante primavera y verano.

Por último, tan sólo queda agregar que, a pesar de no haber ahondado en mediciones de humedad relativa, se pudo apreciar que en varias de las viviendas amanecen con ambientes predominantemente secos (debajo de 20%) y, al parecer, con cierta deshidratación pues se comprobó que beben mucha agua y padecen resequedad que se agrava por las altas radiaciones solares.

#### **8.1.13. “Las encuestas”**

Las consultas bibliográficas realizadas con anterioridad informaban que los tarahumaras eran sumamente peculiares cuando se trataba de conversar con ellos; también varios testimonios particulares nos hicieron ver que sería muy complicado implementar algún tipo de encuesta, por pequeña que fuera ya que, en el mejor de los casos, contestan algo, breve y muy posiblemente falso o distinto a lo que piensan.

Se decidió entonces indagar sobre los temas de interés con la gente de Cusárare, en forma directa y conversando de manera informal; es posible que algunos de los testimonios hayan quedado sujetos a apreciaciones personales, sin embargo es preferible tenerlos así, con la acotación o comillas respectivas, para al menos tener una idea somera de las formas de vida de sus espacios interiores.

Es complicado obtener respuestas a cuestionamientos directos, cualesquiera que sean, y con frecuencia contestan algo que evidentemente es contrario a lo que piensan, con lo cual se hace complicado obtener testimonios de cualquier índole.

En todo caso, debe siempre tenerse presente el carácter introvertido de los *rarámuri*; sumamente recelosos al compartir sus conocimientos y sus formas culturales, mientras se encuentran en reuniones grupales evaden cualquier tema importante y si lo hacen, emiten conceptos que no son los verdaderos ni los profundos, pues esto sólo lo harán ocasionalmente y estando solos.

#### **8.1.14. La vestimenta**

A pesar de que la imagen que se tiene de la vestimenta de los indios *rarámuris* es la de las conocidas calzoneras, huaraches y paliacate en la cabeza, son cada vez más difíciles de hallar, pues sólo se les encuentra en los sitios más apartados de las montañas u ocasionalmente, como lo muestra la fotografía tomada el 14 de septiembre en la carretera de Creel hacia Guachochi, que ejemplifica la típica vestimenta *rarámuri*.



**Figura 208.** Vestimenta masculina tradicional.

Sin embargo, en los poblados principales de la Alta Tarahumara, hoy día la vestimenta de los hombres es convencional y consiste de una o dos camisetas, camisa y una chamarra no demasiado gruesa; durante todo el año usan estas mismas prendas con las que se van adecuando al frío más o menos intenso.



**Figura 209.** Diferencias entre vestimenta hombres y mujeres.

Por su parte, las mujeres han preservado su vestimenta típica y la siguen utilizando mayoritariamente. Se visten con una serie de vestidos delgados que van sobreponiendo o quitando (uno más o uno menos) de acuerdo a la época del año; además, durante el invierno usan sobre esos vestidos cobijas delgadas que en “castilla” denominan “empalmes” y van colocando uno encima de otro y son utilizados como cobijas cuando se trasladan de un sitio a otro; no olvidemos que están habituados a recorrer grandes distancias a pie y dichos empalmes sirven para envolverse durante las noches para abrigarse.



No usan zapatos cerrados y llevan puestas sandalias o huaraches, aún en períodos de frío muy intenso (ver figura 210).



**Figura 210.** Bloque fotográfico: Vestimenta típica de las mujeres.

Entienden en ambos casos (ellos y ellas), que esta forma de usar varias prendas delgadas es la más eficaz para protegerse de los intensos fríos del invierno y en el caso de los hombres, hay ciertamente una apertura a nuevas ideas.

## **8.2. Postulados esenciales: Educación ambiental (salud, recursos y confort)**

"Ya no alcanza para todos..., somos muchos..., no hay madera y cada vez está más lejos..., no hay agua..."<sup>86</sup>.

Los *rarámuris* de la Alta Tarahumara, conciben su vivienda como un espacio en el que cocinan, duermen y se resguardan del frío extremo del invierno. Provistos de un conocimiento ancestral y empírico, entienden adecuadamente su relación con el medio (en el cual pasan la mayor parte del tiempo), y su actividad física continua favorece la preservación de su vestimenta, adecuada para amortiguar las bajas temperaturas y el comportamiento climático oscilatorio permanente. Además, la adversidad que han librado desde hace siglos, les ha dado una gran resistencia y tolerancia a todo tipo de carencias.

---

<sup>86</sup> Breve fragmento de una entrevista realizada a Lilia Romero, el 26 de enero en la vivienda ADOBE, porque sintetiza el problema que afrontan los *rarámuris* tanto para la obtención de leña, como de agua limpia.

Sin embargo, durante los períodos de medición pudo comprobarse que el calentamiento activo (estrategia de diseño bioclimática principal, según el análisis del capítulo IV), es necesario durante el invierno para contrarrestar las bajas temperaturas de las madrugadas más extremas, de tal forma que los calentones se convierten en un elemento indispensable dentro de sus viviendas (no sólo para cocinar).

Si el confort es un tema secundario (casi inadvertido) para los *rarámuris*, y su adaptación al medio rebasa cualquier límite teórico establecido, se tiene como resultado un sobrecalentamiento interior de las viviendas que, aunado al frío extremo exterior, genera cambios drásticos de temperatura, que los *rarámuris* no asumen como desfavorables o dañinos.

Por lo anterior, el objetivo medular de la investigación se centra desde ahora en plantear la viabilidad de lograr espacios interiores cuyas oscilaciones térmicas se reduzcan al máximo posible, tanto para alcanzar un consumo óptimo de leña (y por ende de los bosques, su más preciado recurso), como para reducir la incidencia de enfermedades respiratorias (tuberculosis)<sup>87</sup>; todo ello mediante la integración de los resultados con el conocimiento empírico de los *rarámuris*.

### **8.3. Praxis. Implementos y sugerencias básicas**

El objetivo principal de esta tesis de maestría ha sido desarrollar capacidades en el campo de la investigación, de acuerdo con un tema planteado. La metodología y el proceso de trabajo arrojaron conclusiones que, al margen de ser o no las esperadas, son susceptibles de ser aplicadas en propuestas precisas sobre los datos obtenidos y la problemática detectada.

Ante esta posibilidad de generar investigación aplicada, y frente a la carencia de recursos de la comunidad *rarámuri* (principal condicionante para generar propuestas y

---

<sup>87</sup> De acuerdo con estadísticas del estado de Chihuahua (<http://www.inegi.org.mx>) las tres principales causas de mortalidad entre los *rarámuris* son: desnutrición, enfermedades de las vías respiratorias y enfermedades gastrointestinales. Durante los dos períodos de medición, se han podido atestiguar las dificultades que tienen los pobladores para recibir atención médica, no sólo tratándose de enfermedades normales sino de padecimientos graves, como la tuberculosis.

soluciones a sus problemas), con base en las conclusiones de la tesis pudieron concretarse las siguientes recomendaciones que determinan alternativas de acciones sencillas, de bajo costo y beneficios inmediatos:

#### 8.3.1. Recomendación 1: Cerrar huecos (grandes y pequeños)



Figura 211. Recomendación N° 1.

Los huecos favorecen los intercambios térmicos, por lo que, deben taparse para evitar que el calor ganado en los interiores se vaya hacia el exterior.

#### 8.3.2. Recomendación 2: Colocar relleno “torta” en techos



Figura 212. Recomendación N° 2.

La torta o relleno de tierra es el elemento que le da masividad al techo interior. Es indispensable especialmente en las cubiertas de madera de tablas más delgadas.

#### 8.3.3. Recomendación 3: Colocación relleno (ripio) en juntas troncos



Figura 213. Recomendación N° 3.

De la misma manera que en los techos, el relleno de tierra entre los troncos de madera incrementa la masividad y por lo tanto favorece la conservación de las temperaturas en los interiores

#### 8.3.4. Recomendación 4: Tapar huecos entre piezas de adobe<sup>88</sup>



Figura 214. Recomendación N° 4.

Las casas construidas con adobe deben mantener las juntas de sus bloques bien rellenas con tierra para aislar los muros y por lo tanto el efecto del frío del comportamiento climático exterior hacia los espacios interiores.

#### 8.3.5. Recomendación 5: Colocar chambranas en puertas y ventanas



Figura 215. Recomendación N° 5.

Las chambranas de las ventanas y puertas, deben ser utilizadas para tapar los huecos que propician que el calor del interior se fugue al exterior, sobre todo durante las madrugadas.

#### 8.3.6. Recomendación 6: Implementar abatimiento de ventanas



Figura 216. Recomendación N° 6.

La posibilidad de abrir las ventanas favorece el control de la ventilación, no sólo para renovar el aire de los interiores (humo), sino para disipar el calor durante los horarios de utilización de los calentones en primavera y verano.

<sup>88</sup> Habrá que indagar un poco sobre la adherencia de la tierra utilizada para el ripiado de los muros.



### 8.3.7. Recomendación 7: Colocar cortinas frente a las ventanas durante el invierno



Figura 217. Recomendación N° 7.

Las cortinas colocadas frente a las ventanas, disminuyen las pérdidas de calor hacia el exterior a través del vidrio, que es el material más vulnerable para intercambios térmicos, de toda la vivienda.

Durante períodos de frío extremo, puede incluso usarse alguna cobija o manta más gruesa.

### 8.3.8. Recomendación 8: Aislar interiores con cartón, en casas de madera delgada



Figura 218. Recomendación N° 8.

En las viviendas de madera (sobre todo de tablas delgadas), la utilización del cartón (con una capa de algún impermeabilizante por la cara interior), funciona como excelente aislante y favorece la conservación del calor interior.

### 8.3.9. Recomendación 9: Encalar y preservar pisos interiores de tierra



Figura 219. Recomendación N° 9.

El piso de tierra es la mejor solución para el comportamiento térmico, por lo que debe preservarse.

La aplicación de una lechada de cal con agua sobre el piso favorece la higiene y por lo tanto evita la proliferación de bacterias y gérmenes.

### 8.3.10. Recomendación 10: Colocar puertas para aislar habitaciones interiores



Figura 220. Recomendación N° 10.

En las viviendas con más de una habitación es recomendable la utilización de puertas para favorecer el efecto de exclusas térmicas, que implica generar espacios aislados con una mayor conservación del calor interior de la habitación.

### 8.3.11. Recomendación 11: Colocar doubles ventanas de madera



Figura 221. Recomendación N° 11.

Se recomienda colocar una ventana adicional de madera hacia el interior, sobre todo en las viviendas de madera, que son las más vulnerables a los cambios drásticos y pérdidas de temperatura. En viviendas nuevas puede planearse una sola ventana de madera, siempre que sea abatible y funcione para controlar las ganancias directas de asoleamientos, así como la ventilación natural.

### 8.3.12. Recomendación 12: Incrementar el tamaño de las ventanas



Figura 222. Recomendación N° 12.

Aunque tradicionalmente las puertas y ventanas son concebidas en dimensiones muy pequeñas, estas proporciones pueden incrementarse en viviendas nuevas, siempre y cuando se complementen con las anteriores consideraciones y estén orientadas hacia toda la banda de orientaciones Sur. Esto favorecerá las ganancias directas durante el invierno.

### 8.3.13. Recomendación 13: Tapar los arrastres de las puertas durante las noches



Los arrastres o espacios inferiores de las puertas deben ser tapados con algún trapo durante las noches de mucho frío, porque estos huecos inevitables también favorecen la pérdida del calor interno hacia el exterior.

Figura 223. Recomendación N° 13.

## 8.4. Enlace con la comunidad. Folletos informativos

Objetivo final y complementario de la investigación (aunque no haya quedado como tal incluido en la tesis), es establecer enlaces con la Coordinación Estatal de la Tarahumara para ofrecer no sólo el trabajo completo impreso, sino sintetizar la información en un lenguaje desprovisto de tecnicismos y en la medida de lo posible, mediante dibujos y gráficos que sean comprensibles para toda la comunidad *rarámuri*, no sólo en castilla sino en sus lenguajes propios (principalmente). Podrán tomarse como base las recomendaciones concretas, sobre las que se trabaja ya con el área de diseño gráfico del CET para contar lo antes posible con folletos representativos de cada período climático y para las distintas tipologías estudiadas.

Entendiendo como un punto medular el hecho de que la mayoría de los *rarámuris* no hablan castellano, se ha logrado el contacto con Ana Celi Palma<sup>89</sup> y la maestra Olga Burciaga<sup>90</sup>, que como originarias de la región, dominan el *rarámuri* y entienden su forma de vida peculiar, con el fin de obtener su colaboración para poder adentrarse en el pensamiento *rarámuri* y lograr que las ideas sintetizadas de la investigación sean accesibles y aplicables.

<sup>89</sup> Ana Celi es hija de don Erasmo Palma, músico y filósofo ganador del Premio Nacional de las Artes en 1998.

<sup>90</sup> La maestra Olguita, como todas la conocen, es una de las personas que más conoce sobre la cultura de los *rarámuris* y tiene a su cargo la oficina de Enlace de la Secretaría de Educación Pública.



## **8.5. Futuras investigaciones**

Será interesante comparar los datos de la presente investigación con futuros trabajos que se realicen sobre el mismo tema. Es verdad que la metodología estuvo encaminada a que, si se repiten las mediciones en condiciones similares, los resultados deberían ser lógicamente similares; sin embargo, se ha podido constatar que el uso del espacio interior y, en concreto, de los sistemas de calentamiento activo para los períodos de bajo-calentamiento (calentones de lámina) se da en formas tan irregulares y carentes de control, que los datos obtenidos han sido en extremo divergentes, por lo que habrá que tomar de ellos las conclusiones generales que han derivado en estrategias simples que estarán más enfocadas a soluciones simples y accesibles, que al manejo de datos duros, cuyo rigor científico estará sujeto a variables cuyo control es prácticamente imposible.

### **8.5.1. Las cuevas**

De acuerdo con testimonios del profesor Juan Cano, de la escuela primaria de Cusárare, las cuevas utilizadas por los *rarámuris* como vivienda contaban con divisiones interiores. Es posible que la forma de construir en la actualidad cuente con algunas reminiscencias de la cultura del norte del estado, de las zonas bajas, como son accesos muy pequeños y alturas muy bajas. De acuerdo con el profesor, las puertas pequeñas que encontramos en las viviendas *rarámuris* tienen su origen en esta concepción apreciada en sitios como Casas Grandes.

Es el tema de las cuevas una de las investigaciones pendientes más importantes que quedan sobre la mesa.

### **8.5.2. Clasificación ampliada**

Como se ha planteado en el capítulo III, la clasificación elaborada ha sido la primera sobre la vivienda de la Alta Tarahumara y ha tomado como base con la documentación de los viajes realizados; por lo tanto es limitada y perfectible en la medida que se

encuentren más y mejores ejemplos de los procedimientos constructivos y los materiales elementos citados.

En el mejor de los casos, habrá que localizar aquellos ejemplos que se apeguen lo más posible al empleo de materiales en su forma más antigua y tradicional, entendiendo que el objetivo principal es documentar estas formas y elementos como patrimonio cultural.

### **8.5.3. Conocimiento ancestral**

Será motivo de un estudio complementario el rescatar los testimonios de la gente adulta, que en muchos casos es la única que ha podido acceder a los sitios más apartados de la sierra; por todo ello es indispensable documentar las formas en las que habitaban los *rarámuris* sus espacios, con la mayor antigüedad posible, pues con esto podrán preservarse los conceptos más ancestrales, muchos de los cuales se siguen empleando con la reinterpretación lógica que se genera por el paso del tiempo y la utilización de nuevas tecnologías.

En este punto es importante mencionar que no se pudo revisar el comportamiento térmico de alguna vivienda con chimenea antigua. En la clasificación del capítulo IV se menciona esta tipología, sin embargo, no se pudo medir en Cusárare, además de que las viviendas en la actualidad prescinden de este tipo de chimeneas. Es importante dejar abierto este tema de cara a futuras investigaciones.

Los materiales con una mayor capacidad de captación de energía térmica, servirán para generar espacios interiores más cálidos.

Hay también conocimientos sobre las especies vegetales que deben utilizarse para la reforestación ya que algunas se han utilizado indebidamente (alamillos canadienses).

### **8.5.4. Recursos disponibles**

Una parte importante de la investigación se relaciona con el desarrollo sustentable y en este sentido, debe señalarse que los *rarámuris* han venido desarrollando sus poblados de acuerdo a la disponibilidad de recursos, tanto para la subsistencia y alimentación, como para la propia construcción de sus viviendas.

Aunque no se tienen nociones definidas sobre las diferencias entre los distintos materiales, hay elementos que se encuentran invariables, tales como la doble cubierta y los pisos de tierra. En relación con los muros, tienen más o menos claras las ventajas y desventajas de utilizar uno u otro material, por ejemplo, la piedra, es la que mejor les parece, pero es la más difícil de manejar; el adobe tiene la ventaja de que es muy fácil de emplear, aunque en períodos de frío extremo funciona menos adecuadamente que la piedra en los espesores más comunes; finalmente, la madera es el más fácil de encontrar y tienen un vasto dominio sobre sus técnicas de utilización y sus variantes derivadas, por cierto, de la forma en la que fueron evolucionando las herramientas de laminado y corte.

Para cualquiera de los tres materiales, las combinaciones distintas forman parte de un conocimiento ancestral y hoy día, la gente adulta tiene presente que los recursos son cada vez más escasos y la sobrepoblación propicia la falta de material disponible para continuar subsistiendo. Hay ideas claras sobre el porqué se ha dejado de utilizar la madera gruesa en las cubiertas y la forma en la que la industrialización ha permitido laminarla para utilizar cantidades menores.

Los costos de mantenimiento son elevados y, dado que en todos los casos se cuenta con el techo interior, la opción de la lámina no es tan negativa, al tratarse de un clima frío.

Por último, será importante que se implementen programas de desarrollo sustentable, en los que se incluyan alternativas para el manejo de energía solar, el tratamiento de agua residual y la producción alimenticia, entre otros.

Todos estos temas son susceptibles de ser integrados en los folletos informativos como parte de una educación ambiental global, encaminada a ofrecer alternativas que ayuden a elevar la calidad de vida y las condiciones de salud y bienestar de los *rarámuris*, siempre teniendo en cuenta que la preservación de su cultura deberá ser un elemento inherente en cualquier propuesta que en el futuro pretenda abordarse.

#### 8.5.5. Calentones: estufas y calefactores

Este último, es el tema central que tendrá que replantearse a partir de la presente investigación pues, en él, se involucran el ahorro energético y la salud, dos prioridades que se acotan por encima del propio confort higrotérmico.

Además, habrá que documentar e indagar sobre las chimeneas antiguas que, de acuerdo con una entrevista realizada a la maestra Olguita, se usaron en las viviendas de piedra y su diseño era sin duda más eficiente, pues favorecía el desfogue del humo.



Figura 224. Bloque fotográfico. Futura investigación principal: diseño de Calentones y estufas lorenas.

#### 8.6. Comentarios finales

- La vivienda de los *rarámuris* es un espacio pequeño —dormitorio-cocina—, suficiente para realizar estas dos actividades; se ha venido construyendo con distintos materiales (de acuerdo con la disponibilidad de la región) y elementos de diseño, mismos que se reinterpretan de distintas formas en todas las tipologías encontradas.
- Los *rarámuris* pasan gran parte del tiempo en la montaña; sin embargo, su conocida movilidad (ciertamente cíclica) no sólo se debe a factores climáticos o a la disponibilidad de recursos, sino también a cuestiones emocionales. Pudieron documentarse varios ejemplos de viviendas bien conservadas, aunque

abandonadas, por motivos aparentemente sentimentales o anímicos, lo que demuestra el desapego que los *rarámuris* tienen por sus bienes materiales.



**Figura 225.** Casa abandonada en el centro de Cusárare.

- La divergencia entre los rangos de confort establecidos y los testimonios obtenidos, hablan de un nivel de aclimatación natural de los *rarámuris* que rebasa cualquier límite universal concebido.
- El gran tema hacia el futuro, es el diseño de una estufa-calefactor que reduzca la emisión de CO<sub>2</sub> y posibilite el control térmico en el interior de la vivienda. Es paradójico que en un clima frío sea el sobre calentamiento el problema a atender.
- Una vez que las viviendas cuenten con condiciones térmicas homogéneas, podrán además desarrollarse investigaciones similares en forma más favorable.
- Siempre que sea posible, la investigación en el campo de la arquitectura bioclimática deberá consolidarse con fines prácticos.

## 9. CAPITULO IX

## 9.1. Referencias

Aboites Aguilar, Luis, *Nómadas y Sedentarios en el Norte de México. Elementos para una periodización*, en "Nómadas y Sedentarios en el Norte de México", Centro de Investigaciones y estudios superiores de Antropología Social, 2001.

Artaud, Antonin, *Los Tarahumaras*, Barral Editores, Barcelona, 1977.

Artaud, Antonin, *Viaje al país de los tarahumaras*, México, Secretaría de Educación Pública, 1975.

Bennett, Wendell C. y Zingg, Robert, *Los Tarahumaras. Una tribu india del norte de México*, México, Obra Nacional de la buena prensa, 1976.

Cajas Castro, Juan, *La Sierra Tarahumara o los desvelos de la modernidad en México*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 1992.

González Cruz, Eduardo Manuel, *Selección de materiales en la Concepción Arquitectónica Bioclimática* ANES, 2003.

González H. Carlos y León G. Ricardo, *Civilizar y exterminar. Tarahumaras y apaches en Chihuahua, siglo XIX*, México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Antropología Social / Instituto Nacional Indigenista (Historia de los Pueblos Indígenas de México), 2000).

Merrill, William, *Almas Rarámuris*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional Indigenista, 1988.

Orozco, Víctor, *El conflicto entre apaches, rarámuris y mestizos en Chihuahua durante el siglo XIX* en "Nómadas y Sedentarios en el Norte de México", Centro de Investigaciones Regionales, UACJ, 2001.

Pintado Cortina, Ana Paula, *Tarahumaras*, en "Pueblos Indígenas del México Contemporáneo", México, CDI: PNUD, 2003.

## 9.2. Referencias web<sup>91</sup>

1 <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/tarahumara/uploads/Rese%F1a%20Ind%EDgena.pdf>

2 <http://www.cie.co.at>

3 <http://www.cuentame.inegi.gob.mx/monografias/informacion/chih>

4 [http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/atlas\\_nacional.htm](http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/atlas_nacional.htm)

5. <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=4326&e=08>

---

<sup>91</sup> A la fecha de impresión del presente ejemplar (febrero de 2010), se verificaron las direcciones web (específicas y sugeridas) y todas se encuentran vigentes.



- 6 <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/43.pdf>
- 7 <http://www.inegi.gob.mxhttp://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>
- 8 <http://www.mexicodesconocido.com.mx/interior/index.php?p=nota&idNota=7182>
- 9 <http://www.mexicodesconocido.com.mx/notas/7291-Barrancas-del-Cobre,2009>
- 10 <http://www.nesa1.uni-siegen.de/wwwextern/idea/keytopic/15.htm>
- 11 <http://www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html>
- 12 <http://www.smn.cna.gob.mx>
- 13 <http://www.tarahumara.com.mx>
- 14 <http://www.unesco.org.uy/phi/aguaycultura/es/paises/mexico/pueblo-raramuris.html>
- 15 <http://www.cemca.org.mx/UserFiles/SARIEGO.pdf>

### **9.3. Bibliografía general**

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. I, México, Universidad autónoma Metropolitana, 1997.

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. II, México, Universidad autónoma Metropolitana, 1998

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. III, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2000.

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. IV, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2002.

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. V, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2003.

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. VI, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2004.

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. VII, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2005

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. VIII, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2006

*Anuario de Estudios de Arquitectura Bioclimática*, vol. IX, México, Universidad autónoma Metropolitana, 2007

*Cartas Geográficas de la República Mexicana*, INEGI

Evans, Housing, *Climate and Comfort*, London U.K., The Architectural Press, 1977.

Figueroa, Fuentes y Schjetnan, *Criterios de Adecuación Bioclimática*, México, IMSS, 1990

Fuentes Freixanet, Víctor y Rodríguez Viqueira Manuel, *Hacia una metodología de diseño bioclimático*, Laboratorio de Diseño bioclimático, México, UAM - Azcapotzalco, 1997.

Fuentes Freixanet, Víctor Armando, *Clima y Arquitectura*, México, UAM - Azcapotzalco, 2004.

García, Enriqueta, *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, México, 1981

García Chávez, J. Roberto. y Fuentes F. Víctor, *Diseño bioclimático para ahorro de energía y confort ambiental integral*, México, 1981.

García Chávez, J. Roberto. y Fuentes F. Víctor, *Viento y Arquitectura*, México, Trillas, 1995.

Givoni, B., *Man, Climate and Architecture*, Applied Science publishers, L.T.D., London, 1976.

Guerrero, Luis (comp.) *Estudios de Tipología Arquitectónica México*, UAM - Azcapotzalco, 1996

King Delia, *Acondicionamiento Bioclimático. Diseño* Editorial V. Olga, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México, 1994.

López Morales, Francisco Javier. *Arquitectura vernácula en México*. ED. Trillas. México 1987.

Olgay, Victor, *Design With Climate*, Nueva Jersey, Princeton University Press, 1973.

Quintana, *Con el Sol en la mano*, México, UNAM, 1938

Rodríguez Viqueira, Manuel, *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*, México, Limusa, UAM - Azcapotzalco, 2001.

Szokolay, Steven & Docherty, Michael, *Climate Analysis*, PLEA, The University of Queensland, Australia, 1999.

Szokolay, Steven, *Environmental Design Book*, Construction Press Ltd, England

Zayas José Luis F., *Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana*, I.I. UNAM 472. 1983.

#### **9.4. Bibliografía sugerida**

Basauri, Carlos, *Monografía de los tarahumaras*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1929. Bonfiglioli,

Beals, Ralph, *The Comparative Ethnology of Northern Mexico, Before 1750*, University of California Press, 1932.

Benítez, Fernando, *Los indios de México*, México, Era, 1991.

Boon, James, *Otras tribus, otros escribas. Antropología simbólica en el estudio comparativo de culturas, historias, religiones y textos*, México, FCE, 1990.

Brambila, David, S.J., *Diccionario rarámuri- castellano (Tarahumar)*, México, Obra Nacional de la Buena Prensa, 1976.

Braniff, Beatriz, *La frontera protohistórica pima-ópata* en "Sonora. Propositiones arqueológicas preliminares", México, P.H.D./UNAM, 1985.

Brouzes, Francoise, *Migración rarámuri a Sinaloa*, en Donaciano Gutiérrez (coord.), "El noroeste de México. Sus culturas étnicas", México, INAH, 1991.

——— *Los rarámuri hoy*, Chihuahua, México, INI-DGCP, 1991.

Cardenal, Francisco, *Remedios y prácticas curativas en la Sierra Tarahumara*, Chihuahua, Ed. Camino, 1993.

\_\_\_\_\_ *Diccionario castellano - rarámuri*, México, Obra Nacional de la Buena Prensa, 1983.

Dunne, Peter, *Las antiguas misiones de la Tarahumara*, México, 1958. En Fontana, Bernard, "The Other Southwest: Indians Arts and Crafts of Northwestern Mexico", Phoenix (Arizona), 1977.

Gardea, Jesús, *La canción de las mulas muertas*, México, Oasis, 1981.

\_\_\_\_\_ *El tornavoz*, México, Joaquín Mortíz, 1983.

González Rodríguez, Luis, *Tarahumara, la sierra y el hombre*, México, Secretaría de Educación Pública, 1982.

\_\_\_\_\_ *Tarahumara: la sierra y el hombre*, México, SEP, 1981.

\_\_\_\_\_ *Los tarahumares*, México, Chrysler de México, 1985.

\_\_\_\_\_ *Crónicas de la Sierra Tarahumara*, México, SEP, 1987.

\_\_\_\_\_ *La antropología en la Tarahumara*, en Carlos García Mora (coord.), "La Antropología en México", vol. 12, México, INAH, 1988.

\_\_\_\_\_ *Noroeste Novohispano en la época colonial*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas / Miguel Ángel Porrúa, 1993.

Kennedy, John G., "Tesguino Complex: The Role of Beer in Tarahumara Culture", en "American Anthropologist", vol. 65, Estados Unidos, 1963.

\_\_\_\_\_ *Inápuchi: una comunidad tarahumara gentil*, México, Instituto Indigenista Interamericano, 1970.

La Barre, Weston, *El culto del peyote*, México, Premia, 1980.

Lafaye, Jacques, *Quetzalcóatl y Guadalupe*, México, ECE, 1977.

Lartigue, François, *Indios y bosques: políticas forestales y comunales en la Sierra Tarahumara*, México, 1983.

Le Goff, Jacques, *El orden de la memoria*, Barcelona, Paidós, 1991.

León G., Ricardo, *Misiones jesuitas en la Tarahumara. Siglo XVIII*, Chihuahua, UACJ, 1992.

Lionnet, Andrés. *Los elementos de la lengua Tarahumara*. UNAM. México, 1972

Lumholtz, Carl, *El México desconocido*, 2 tomos, México, Instituto Nacional Indigenista, 1986 [1904].

Miller, Wick R., *Uto-Aztecan Languages*, en "Handbook of North American Indians", vol. 10, Southwest, Washington, 1983.

Muñoz, Maurilio, *Los tarahumaras*. En: Acción Indigenista, marzo. 1967

Pennington, Campbell W., *The Tarahumar of Mexico: Their Environment and Material Culture*, Salt Lake City, University of Utah Press, 1963.

\_\_\_\_\_ *The Tepehuan of Chihuahua*, University of Utah Press, 1969.

Peña, Moisés de la, *Extranjeros y tarahumares en Chihuahua*, en Miguel Othón de Mendizábal, "Obras completas", vol. I, México, 1946.

Plancarte, Francisco M, *El problema indígena tarahumara*. Memorias del Instituto Nacional Indigenista, INI, México. 1954.

Robles, Ricardo, *Los Rarámuri-Pagótuame*, en Manuel Marzal "El rostro indio de Dios", México, Universidad Iberoamericana, A.C., 1994.

\_\_\_\_\_y Vallejo C., *Los juicios en el pueblo rarámuri* en: R. Estrada y G. González, "Tradiciones y costumbres jurídicas en comunidades indígenas de México". Comisión Nacional de Derechos Humanos, México, 1995.

Sariego, Juan Luis, *El indigenismo en la Tarahumara. Identidad, comunidad, relaciones interétnicas y desarrollo en la Sierra de Chihuahua*, INI-CNCA, México, 2002.

Velasco, Pedro de *Danzar o morir. Religión y resistencia a la dominación en la cultura Tarahumar*, Ediciones Centro de Reflexión teológica, México. 1987.

## **9.5. Páginas web sugeridas**

1. <http://www.almargen.com.mx/notas.php?IDNOTA=710&IDSECCION=Literatura&IDREPORTERO=Jos%E9%20Manuel%20Garc%EDa-Garc%EDa%20y%20Adri>
2. <http://www.airinfonow.com/espanol/index.asp>
3. <http://aulex.org/es-tar/?busca=chabochi>
4. [http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=607&Itemid=62](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=607&Itemid=62)
5. [http://www.chepe.com.mx/esp\\_html/index.html](http://www.chepe.com.mx/esp_html/index.html)
6. <http://www.chi.itesm.mx>
7. <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1088>
8. <http://www.radiotarahumara.com/es>
9. <http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/369/36907615.pdf>
10. [http://www.nutricionenmexico.org.mx/encuestas/enal\\_2006\\_chih.pdf](http://www.nutricionenmexico.org.mx/encuestas/enal_2006_chih.pdf)
11. <http://www.jornada.unam.mx/2000/09/24/sem-paula.html>
12. [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/biblioteca/Default.asp?accion=2&upc=702825000946](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/Default.asp?accion=2&upc=702825000946)
13. [http://www.vocabulario.com.mx/tarahumara/diccionario\\_tarahumara\\_g.html](http://www.vocabulario.com.mx/tarahumara/diccionario_tarahumara_g.html)
14. <http://www.cele.unam.mx/amla/congreso/html/mi%C3%A9rcoles/MiercolesSalaVideo %201300.pdf>



## **CONTENIDO**

- I. ANEXO I**
- II. Mosaicos fotográficos generales de los recorridos y las estancias.
- III. ANEXO II**
- IV. Tablas de datos climáticos de las estaciones meteorológicas (Conagua).
- V. ANEXO III**
- VI. Tablas sintetizadas de equipos (termómetros, estaciones y complementarios).
- VII. ANEXO IV**
- VIII. Ley de la Coordinación Estatal de la Tarahumara vigente.
- IX. ANEXO V**
- X. Hojas de tomas de datos manuales en trabajo de campo (digitalizaciones).
- XI. ANEXO VI**
- XII. Ejemplos de tablas y gráficas (proceso de diseño y definición).
- XIII. ANEXO VII**
- XIV. Folletos informativos para la comunidad (avances).
- XV. ANEXO VIII**
- XVI. Comentarios adicionales (*anecdótico*)
- XVII. ANEXO IX**
- XVIII. Currículum Vitae.





## ANEXO I. Mosaicos Fotográficos



Mosaico fotográfico primer viaje (A).





Mosaico fotográfico primer viaje (B).





Mosaico fotográfico segundo viaje.





Mosaico fotográfico tercer viaje.



## ANEXO II. Tablas de Estaciones Meteorológicas

Hojas de obtención de normales climatológicas, bajadas directamente de la página del Servicio Meteorológico Nacional (conagua).

Bocoyna, Creel.

NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000													
ESTADO DE: CHIHUAHUA													
ESTACION: 00008038 CREEL, BOCOYNA (CFE)				LATITUD: 27°45'00" N.			LONGITUD: 107°38'15" W.			ALTURA: 2,300.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	13.5	15.2	17.6	21.0	24.0	26.9	24.4	24.1	23.2	21.2	18.0	14.8	20.3
MAXIMA MENSUAL	17.3	19.8	21.3	26.5	31.0	31.8	29.2	28.7	27.7	25.4	22.5	19.5	
AÑO DE MAXIMA	1994	1994	1994	1989	1989	1989	1994	1994	1994	1994	1998	1996	
MAXIMA DIARIA	24.5	26.0	26.5	31.0	37.0	35.0	34.0	32.0	30.0	30.0	29.0	29.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	18/1971	18/1982	29/1971	20/1989	22/1989	18/1989	02/1994	18/1994	03/1994	23/1994	04/1988	27/1981	
AÑOS CON DATOS	23	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	4.2	5.3	7.3	10.2	13.4	17.2	17.3	17.0	15.5	11.5	8.0	5.2	11.0
AÑOS CON DATOS	23	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-5.2	-4.6	-3.1	-0.5	2.8	7.5	10.2	9.9	7.7	1.8	-2.1	-4.3	1.7
MINIMA MENSUAL	-8.8	-7.7	-6.3	-2.4	0.9	4.8	7.2	8.4	5.3	-2.2	-6.1	-8.8	
AÑO DE MINIMA	1987	1998	1988	1988	1983	1983	1987	1987	1996	1998	1987	1997	
MINIMA DIARIA	-20.0	-21.0	-13.5	-11.0	-6.0	-0.5	1.0	3.0	-1.0	-6.0	-12.0	-20.5	
FECHA MINIMA DIARIA	21/1987	28/1987	01/1987	05/1997	15/1983	01/1971	05/1981	30/1985	30/1986	30/1976	27/1987	30/1975	
AÑOS CON DATOS	23	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	

Bocoyna, Creel.

Productos Climatológicos													
NORMAL	-5.2	-4.6	-3.1	-0.5	2.8	7.5	10.2	9.9	7.7	1.8	-2.1	-4.3	1.7
MINIMA MENSUAL	-8.8	-7.7	-6.3	-2.4	0.9	4.8	7.2	8.4	5.3	-2.2	-6.1	-8.8	
AÑO DE MINIMA	1987	1998	1988	1988	1983	1983	1987	1987	1996	1998	1987	1997	
MINIMA DIARIA	-20.0	-21.0	-13.5	-11.0	-6.0	-0.5	1.0	3.0	-1.0	-6.0	-12.0	-20.5	
FECHA MINIMA DIARIA	21/1987	28/1987	01/1987	05/1997	15/1983	01/1971	05/1981	30/1985	30/1986	30/1976	27/1987	30/1975	
AÑOS CON DATOS	23	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
PRECIPITACION													
NORMAL	44.3	36.6	19.4	14.4	16.0	74.3	166.1	144.4	107.3	47.9	38.6	66.1	775.4
MAXIMA MENSUAL	118.6	128.0	134.0	79.5	69.0	179.0	287.2	282.5	191.2	231.6	123.3	250.6	
AÑO DE MAXIMA	1985	1993	1983	1997	1981	1972	1991	1996	1990	1971	1982	1990	
MAXIMA DIARIA	38.0	53.0	71.0	27.0	60.0	72.8	48.0	53.0	49.0	62.5	73.0	80.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	30/1983	28/1993	04/1983	28/1986	29/1981	15/1972	24/1985	28/1988	24/1990	28/1993	28/1996	16/1990	
AÑOS CON DATOS	24	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	49.8	64.9	105.3	138.6	175.4	155.1	122.7	117.9	102.0	91.0	66.3	53.3	1,242.3
AÑOS CON DATOS	15	16	16	18	23	22	23	22	22	22	21	17	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA													
NORMAL	5.3	3.7	2.2	2.1	2.2	9.3	19.5	17.3	11.7	4.1	4.0	5.7	87.1
AÑOS CON DATOS	24	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
NIEBLA													
NORMAL	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.0	1.8	3.0
AÑOS CON DATOS	24	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	
GRANIZO													
NORMAL	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.6	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3
AÑOS CON DATOS	24	24	23	23	25	24	24	23	23	23	23	22	

## Guachochi.

Productos Climatológicos													
ESTADO DE: CHIHUAHUA													
ESTACION: 00008071 GUACHOCHIC (CFE)				LATITUD: 26°49'10" N.			LONGITUD: 107°04'12" W.			ALTURA: 2,390.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	14.5	15.4	17.4	20.7	23.5	26.2	23.5	23.2	22.6	20.9	17.9	15.1	20.1
MAXIMA MENSUAL	17.6	19.3	20.6	24.4	27.5	30.2	25.3	24.7	24.6	22.9	21.1	20.6	
AÑO DE MAXIMA	1996	1996	1997	1972	1996	1980	1973	1972	1972	1979	1996	1996	
MAXIMA DIARIA	23.0	25.0	26.0	32.0	35.0	40.0	30.5	32.0	31.0	28.0	26.0	26.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	14/1974	22/1980	25/1988	07/1986	24/1989	23/1973	05/1987	14/1973	07/1975	01/1972	07/1973	18/1996	
AÑOS CON DATOS	25	25	24	26	28	27	27	27	27	25	27	27	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	4.4	5.0	6.9	9.8	12.7	16.3	16.4	16.0	14.6	10.8	7.4	5.1	10.5
AÑOS CON DATOS	25	25	24	26	28	27	27	27	27	25	27	27	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-5.6	-5.4	-3.7	-1.0	1.8	6.4	9.2	8.9	6.7	0.7	-3.2	-4.9	0.8
MINIMA MENSUAL	-11.0	-9.8	-6.8	-5.5	-5.5	3.3	3.4	5.2	4.2	-6.7	-6.4	-7.5	
AÑO DE MINIMA	1998	1998	1996	1997	1994	1989	1997	1997	1992	1993	1987	1996	
MINIMA DIARIA	-17.0	-16.0	-14.0	-13.0	-14.5	-4.0	0.0	2.0	-3.0	-15.0	-15.0	-19.0	
FECHA MINIMA DIARIA	14/1998	11/1998	03/1971	17/1993	21/1994	05/1989	02/1992	17/1997	28/1989	24/1993	21/1988	30/1975	
AÑOS CON DATOS	25	25	24	26	28	27	27	27	27	25	27	27	
PRECIPITACION													
NORMAL	22.6	22.8	16.6	17.0	15.0	22.6	108.5	165.6	106.4	12.5	28.1	51.2	204.0

## Guachochi.

ESTADO DE: CHIHUAHUA													
ESTACION: 00008214 GUACHOCHIC (SMN)				LATITUD: 26°51'00" N.			LONGITUD: 107°06'00" W.			ALTURA: 2,320.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	13.6	14.8	17.3	21.0	23.4	26.3	24.1	23.3	22.3	20.4	17.5	14.7	19.9
MAXIMA MENSUAL	17.8	16.4	19.7	24.1	25.1	28.6	29.5	26.9	26.3	23.5	21.8	17.6	
AÑO DE MAXIMA	1973	1980	1982	1972	1972	1980	1971	1971	1971	1979	1972	1977	
MAXIMA DIARIA	30.0	24.5	28.0	30.0	31.0	36.5	38.0	31.0	31.5	33.5	32.0	22.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	14/1973	19/1986	23/1972	06/1972	18/1972	18/1992	02/1971	14/1980	11/1990	08/1972	01/1972	01/1973	
AÑOS CON DATOS	16	16	17	17	15	15	16	15	15	16	17	16	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	4.9	5.3	7.7	10.6	13.2	16.9	17.2	16.4	15.1	11.6	8.0	5.7	11.1
AÑOS CON DATOS	16	16	17	17	15	15	16	15	15	16	17	16	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-3.8	-4.2	-1.9	0.2	2.9	7.6	10.2	9.6	7.9	2.7	-1.4	-3.4	2.2
MINIMA MENSUAL	-5.9	-6.3	-4.6	-1.5	1.4	4.7	8.4	8.5	6.2	-0.2	-5.1	-6.0	
AÑO DE MINIMA	1978	1978	1987	1993	1983	1983	1983	1976	1979	1979	1979	1973	
MINIMA DIARIA	-13.0	-13.5	-13.0	-9.0	-5.0	0.0	3.5	1.0	-1.5	-5.0	-13.5	-15.0	
FECHA MINIMA DIARIA	09/1978	13/1978	01/1987	09/1973	21/1977	02/1990	12/1980	25/1990	30/1985	31/1979	23/1979	21/1973	
AÑOS CON DATOS	16	16	17	17	15	15	16	15	15	16	17	16	
PRECIPITACION													
NORMAL	51.2	25.2	22.7	15.4	17.2	68.2	180.7	158.2	120.5	55.2	22.0	53.7	820.2

## Norogachi

Productos Climatológicos													
ESTADO DE: CHIHUAHUA													
ESTACION: 00008106 NOROGACHI (CFE), GUACHOCHI				LATITUD: 27°17'15" N.			LONGITUD: 107°07'32" W.			ALTURA: 2,015.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	15.6	16.9	19.4	22.4	26.0	29.0	26.3	25.6	24.7	22.5	18.7	15.8	21.9
MAXIMA MENSUAL	20.4	21.8	22.3	25.7	32.5	33.3	29.1	28.1	27.4	25.4	23.1	19.8	
AÑO DE MAXIMA	1996	1996	1997	1986	1996	1998	1996	1997	1988	1998	1998	1998	
MAXIMA DIARIA	26.0	27.0	29.0	32.0	39.0	38.0	35.0	32.0	33.0	32.0	29.0	27.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	30/1975	18/1986	25/1988	26/1996	31/1982	25/1998	03/1987	14/1997	29/1998	14/1998	04/1988	02/1973	
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	5.1	5.9	8.2	11.3	15.0	19.2	19.2	18.6	17.2	13.2	8.2	5.5	12.2
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-5.5	-5.0	-3.1	0.2	3.9	9.5	12.2	11.7	9.7	3.8	-2.3	-4.8	2.5
MINIMA MENSUAL	-8.6	-8.0	-7.4	-3.8	1.5	7.3	11.5	10.5	6.1	1.5	-4.3	-9.4	
AÑO DE MINIMA	1998	1974	1998	1998	1983	1983	1975	1976	1983	1973	1987	1973	
MINIMA DIARIA	-16.0	-13.0	-13.0	-8.0	-6.0	0.0	3.0	6.0	-1.0	-15.0	-10.0	-15.0	
FECHA MINIMA DIARIA	03/1973	09/1974	03/1971	01/1972	17/1983	07/1988	03/1990	06/1975	28/1989	01/1998	28/1987	21/1973	
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
PRECIPITACION													
NORMAL	26.4	17.0	17.4	16.7	14.0	64.3	179.7	144.5	94.1	38.0	25.1	29.1	666.3

## Norogachi

Productos Climatológicos													
» Temperatura y precipitación » Sequía » Normales » Estaciones Meteorológicas Automáticas » Radiosondeo » C													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-5.5	-5.0	-3.1	0.2	3.9	9.5	12.2	11.7	9.7	3.8	-2.3	-4.8	2.5
MINIMA MENSUAL	-8.6	-8.0	-7.4	-3.8	1.5	7.3	11.5	10.5	6.1	1.5	-4.3	-9.4	
AÑO DE MINIMA	1998	1974	1998	1998	1983	1983	1975	1976	1983	1973	1987	1973	
MINIMA DIARIA	-16.0	-13.0	-13.0	-8.0	-6.0	0.0	3.0	6.0	-1.0	-15.0	-10.0	-15.0	
FECHA MINIMA DIARIA	03/1973	09/1974	03/1971	01/1972	17/1983	07/1988	03/1990	06/1975	28/1989	01/1998	28/1987	21/1973	
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
PRECIPITACION													
NORMAL	26.4	17.0	17.4	16.7	14.0	64.3	179.7	144.5	94.1	38.0	25.1	29.1	666.3
MAXIMA MENSUAL	96.8	76.0	122.5	103.7	65.5	134.9	280.1	216.0	196.8	75.2	75.0	98.6	
AÑO DE MAXIMA	1985	1973	1983	1997	1972	1972	1988	1997	1985	1981	1972	1984	
MAXIMA DIARIA	38.0	33.0	68.0	40.2	32.0	53.0	53.8	49.0	48.0	53.0	68.0	51.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	29/1984	04/1983	03/1983	08/1985	28/1974	29/1981	06/1986	04/1982	14/1985	07/1981	22/1972	28/1990	
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	78.8	96.9	171.2	208.0	244.1	193.0	162.4	147.5	118.4	104.9	83.7	73.9	1,682.8
AÑOS CON DATOS	12	12	9	12	14	13	12	10	12	13	12	10	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA													
NORMAL	3.8	2.4	1.6	2.1	2.3	8.8	20.1	16.6	10.2	5.3	3.2	3.5	79.9
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	
NIEBLA													
NORMAL	0.4	0.5	0.1	0.7	1.1	5.3	11.2	8.5	6.8	2.2	0.8	0.6	38.2
AÑOS CON DATOS	17	17	14	18	20	19	18	16	18	18	17	15	





National Geophysical Data Center (NGDC)

NOAA Satellite and Information Service

☒ Search NGDC ☐ Search NOAA Go[Data](#)[Declination](#)[FAQ](#)[SPIDR](#)[Geomagnetism](#)[home](#)[Models &  
Software](#)[Space  
Weather](#)[WMM](#)[Web  
Links](#)[NOAA > NESDIS > NGDC > Geomagnetism](#)[comments](#) | [privacy policy](#)

### Estimated Value of Magnetic Declination

To compute the magnetic declination, you must enter the location and date of interest.

If you are unsure about your city's latitude and longitude, look it up online! In the USA try entering your zip code in the box below or visit the [U.S. Gazetteer](#). Outside the USA try the [Getty Thesaurus](#).

Search for a place in the USA by Zip Code:

Enter Location: (latitude 90S to 90N, longitude 180W to 180E). See [Instructions](#) for details.

Latitude:  ☒ N ☐ S

Longitude:  ☐ E ☒ W

Enter Date (1900-2010): Year:  Month (1-12):  Day (1-31):

Declination = 7° 15' E changing by 0° 5' W/year

For more information, visit:

Answers to some [frequently asked questions](#) | [Instructions](#) for use | [Today's Space Weather](#)

[NOAA > NESDIS > NGDC > Geomagnetism](#)questions: [Susan.McLean@noaa.gov](mailto:Susan.McLean@noaa.gov)[home](#) | [comments](#) | [contacts](#) | [data](#) | [disclaimers](#) | [education](#) | [news](#) | [products](#) | [site map](#)

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/struts/calcDeclination>

*maintained by:* [Susan.McLean@noaa.gov](mailto:Susan.McLean@noaa.gov)

[html 4.01](#)

Last Modified on: Wednesday, 12-May-2004 08:07:14 MDT

Cálculo de declinación del norte magnético.

### ANEXO III. Tablas Sintetizadas de Equipos

DATOS METEOROLOGICOS		
EXTERIORES	IMAGEN	OBSERVACIONES
<b>ESTACION METEOROLOGICA DAVIS inalámbrica</b>		Utilizada para registrar datos de temperatura, humedad relativa, dirección de vientos, temperaturas interiores. No funcionó la celda de radiación solar.
<b>CONSOLA ESTACION METEOROLOGICA</b>		Consola estación meteorológica inalámbrica, utilizada para leer los datos de la estación y registrar la temperatura interior, máximas y mínimas diarias. No contaba con el transmisor de datos.
<b>MINIESTACION METEOROLOGICA SKYWATCH</b>		Utilizado para obtener datos meteorológicos y algunos períodos de espacios interiores.
<b>INTERFAZ DE TRANSMISION DE DATOS MINIESTACION SKYWATCH</b>		La minis estacion cuenta con un transmisor de datos usb para bajarlos y manipularlos mediante el programa controlador.
<b>PROGRAMA DE TRANSMISION Y GRAFICACION DE DATOS SKYWATCH</b>		El programa de control para computadora cuenta con diversas opciones para graficar y modificar datos y escalas.

Equipos de medición. Datos meteorológicos.

TEMPERATURAS		
INTERIORES Y EXTERIORES	IMAGEN	OBSERVACIONES
<b>TERMOHIDROMETRO RADIOSHACK</b>		Utilizado para los estudios de caso. Mide dos temperaturas simultáneamente y humedad relativa exterior, así como máximas y mínimas de un determinado periodo.
<b>TERMOMETRO DE PARED STEREN</b>		Utilizado para los estudios de caso. Mide dos temperaturas simultáneamente así como máximas y mínimas de un determinado periodo.
<b>TERMOMETRO DE BOMBILLA DE HG</b>		Utilizado para hacer comparativos con los otros equipos electrónicos.
<b>TERMOMETRO INFRAROJO RADIOSHACK</b>		Utilizado para documentar temperaturas superficiales de pisos, muros, techos y elementos exteriores cualesquiera.

Equipos de medición. Datos interiores.

COMPLEMENTARIOS		
INTERIORES Y EXTERIORES	IMAGEN	OBSERVACIONES
<b>MEDIDOR DE LONGITUD, AREA Y VOLUMEN</b>		Empleado para hacer levantamientos generales de espacios interiores.
<b>BRUJULA</b>		Para determinar orientaciones magnéticas de todos los casos de estudio.
<b>GRABADORA DE SONIDOS SONY</b>		Empleada para grabar avances sobre la investigación en forma oral.
<b>TRIPODE</b>		Utilizado para fijar en espacios exteriores la mini estación meteorológica a la altura requerida (1.20 m).
<b>VIDEO CAMARA Y CAMARA FOTOGRAFICA</b>		Testimonios fotograficos y video grabaciones de las viviendas y los habitantes.

**Figura 210.** Equipos complementarios.





**Figura 211.** Termómetros, pruebas de homologación de datos.

Tal como se aprecia en la tabla anterior, los termómetros fueron revisados simultáneamente y las variaciones entre ellos fueron a penas de 0.2 °C, aunque en muchos casos las lecturas resultaron idénticas.

## **ANEXO IV. Ley de la Coordinación Estatal de la Tarahumara**

### **TEXTO VIGENTE**

(Última reforma aplicada Decreto 314-87 I P.O. 1988.01.09/No.3).

Nueva Ley publicada en el Periódico Oficial del Estado No. 63 del 8 de agosto de 1987.

### **DECRETO 231-87 II P.E.**

EL CIUDADANO LICENCIADO FERNANDO BAEZA MELENDEZ, GOBERNADOR INSTITUCIONAL DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE CHIHUAHUA, A SUS HABITANTES SABED:

QUE EL HONORABLE CONGRESO DEL ESTADO SE HA SERVIDO EXPEDIR EL SIGUIENTE DECRETO:

LA QUINCUGESIMA QUINTA HONORABLE LEGISLATURA CONSTITUCIONAL DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE CHIHUAHUA, REUNIDA EN PERIODO EXTRAORDINARIO DECRETA:

### **LEY DE LA COORDINACIÓN ESTATAL DE LA TARAHUMARA**

**ARTÍCULO 1.** Se crea un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica, competencia y patrimonios propios, denominada Coordinación Estatal de la Tarahumara.

**ARTÍCULO 2.** El domicilio del organismo lo es la capital del Estado.

**ARTÍCULO 3.** Los objetivos del organismo son:

- I. Respetando su cultura, procurar el bienestar de los grupos indígenas de la entidad.
- II. Promover el desarrollo socio-económico de la región tarahumara.
- III. Lograr la satisfacción de las necesidades económicas, sociales y culturales de los grupos indígenas, con su participación.
- IV. Promover el uso y la enseñanza de las lenguas indígenas; y
- V. Los demás que establezcan las leyes.



#### **ARTÍCULO 4.** Son atribuciones del organismo:

- I. Coordinar a las dependencias y entidades que intervienen en la zona para el logro de los objetivos que menciona el artículo anterior:
- II. Realizar un análisis completo de la realidad que permita conocer la cultura indígena a la que se pretende servir.
- III. Buscar los medios apropiados para la participación directa de los indígenas y sus autoridades tradicionales en el logro de los objetivos del organismo.
- IV. Apoyar a las organizaciones privadas que ofrecen asistencia a los grupos indígenas;
- V. Promover las investigaciones dirigidas a conocer la situación de los grupos indígenas y la solución integral de sus problemas;
- VI. Convocar a las agrupaciones de profesionales para que propongan e instrumenten proyectos de desarrollo social, económico y cultural de la zona
- VII. Evaluar la viabilidad y desarrollo de los proyectos que se presenten y promover la vigilancia del correcto manejo de los fondos.
- VIII. Cuidar de la justa distribución de los beneficios que se generen por la explotación de los recursos ejidales y la correcta administración de los mismos.
- IX. Cuidar porque se respeten los derechos humanos y se aplique la justicia de manera correcta y expedita.
- X. Celebrar convenios de colaboración administrativa entre las diversas dependencias y entidades de los sectores público, social y privado, señalando el mecanismo de control a que se sujetarán las partes;
- XI. Fomentar la capacitación del personal de los organismos y dependencias que actúan en la región, de acuerdo a los fines por realizar;

- XII. Asesorar y apoyar las gestiones propuestas en beneficio de las comunidades indígenas;
- XIII. Procurar los medios para la atención de los indígenas que acuden a los centros urbanos;
- XIV. Recibir, evaluar, controlar y canalizar las solicitudes de las comunidades indígenas de la zona y de las agrupaciones de apoyo, para su debida atención; y
- XV. Las demás que establezcan las leyes.

**ARTÍCULO 5.** El patrimonio del organismo se integra de:

- I. Los bienes muebles e inmuebles que los sectores público, social y privado le aportan
- II. Los subsidios, subvenciones y demás aportaciones provenientes del sector público y las liberalidades que reciba de los sectores social y privado;
- III. Los rendimientos y recuperaciones que obtenga de la inversión de sus recursos, así como los bienes que por cualquier otro título adquiera; y
- IV. En general todos los derechos y obligaciones del organismo sean susceptibles de estimación pecuniaria.

**ARTÍCULO 6.** La Coordinación tendrá un Consejo Consultivo y será dirigida por el Comité Técnico y un Vocal Ejecutivo.

**ARTÍCULO 7.** El Consejo Consultivo se integra por:

- I. El Gobernador del Estado, que fungirá como presidente.
- II. El Vocal Ejecutivo del organismo:
- III. Los representantes de las comunidades indígenas, así como los de agrupaciones de los sectores social y privado a invitación del Gobernador del Estado.
- IV. Los presidentes municipales de los municipios ubicados en la zona.

- V. Las dependencias y entidades del sector público federal cuya competencia se ejerza en la zona, a invitación del titular del Poder Ejecutivo del Estado
- VI. Los titulares de las dependencias y organismos del sector público local, siguientes:
- a) Secretaría de Gobierno;
  - b) Procuraduría General de Justicia;
  - c) Dirección General de Desarrollo Social;
  - d) Dirección General de Fomento Económico;
  - e) Dirección General de Desarrollo Urbano;
  - f) **[Fracción reformada mediante Decreto No. 314-87 publicado en el Periódico Oficial No. 3 del 9 de enero de 1988]**
  - g) Dirección General de Comunicaciones y Obras Públicas;
  - h) Dirección General de Administración;
  - i) Dirección General de Desarrollo Rural;  
**[Fracción reformada mediante Decreto No. 314-87 publicado en el Periódico Oficial No. 3 del 9 de enero de 1988]**
  - j) Coordinación de Fortalecimiento Municipal;  
**[Fracción reformada mediante Decreto No. 314-87 publicado en el Periódico Oficial No. 3 del 9 de enero de 1988]**
  - k) Coordinación de Planeación y Evaluación;  
**[Fracción reformada mediante Decreto No. 314-87 publicado en el Periódico Oficial No. 3 del 9 de enero de 1988]**
  - l) Junta Central de Agua y Saneamiento;  
**[Fracción reformada mediante Decreto No. 314-87 publicado en el Periódico Oficial No. 3 del 9 de enero de 1988]**

**ARTÍCULO 8.** El Consejo sesionará en forma ordinaria bimestralmente y en forma extraordinaria cuando la presidencia del mismo lo estime necesario.

## ANEXO V. Toma, Ordenamiento y Graficación de Datos. Lecturas Manuales

En las páginas siguientes, a manera de ejemplo se presentan digitalizadas algunas de las hojas originales de vaciado de datos, llenas a mano durante los recorridos hacia los distintos estudios de caso.

Casa de Madera II Hoja 3

Hora	Temp INT	Temp EXT	H.R. %	MAX	MIN	H.R.
25 21:00	28.4	3.1	26%	5.2 ext 31.6 int	2.9 22.5	29/26
26 8:30	10.9	10.1	37%	13.0 ext 28.2 int	0.3 10.1	37/25
12:00	14.5	14.3	35%	15.0 28.2	0.3 10.1	33/35
13:00	15.0	15.6	34%			
14:30	16.1	14.4	34%	15.6 ext 28.2 int	0.3 10.1	
16:00	16.6	13.7	34%	15.6 ext 28.2 int	0.3 10.1	
17:00	16.1	12.2	34%			
18:30	2.8	10.4	30%			
19:30	23.8	9.9	30%			
1	21.2	10.1	30%			

Casa de Adobe 3ª Hoja

Hora	Temp INT	Temp EXT	MAX	MIN	Observaciones
15:00	15.9	17.6	15.7 int 18.0 ext	8.5 1.7	máxima 18°C
16:00	16.7	16.9	16.7 int 18.0 ext	8.5 1.7	9 usam contin
17:00	17.7	14.8	19.1 int 18.0 ext	8.5 1.7	
18:00	16.6	6.3	✓ idm	✓	
19:30	15.2	4.9			
20:00	14.7	3.9	reset		
20:30	14.3	3.2			
25 21:00	25.1	2.0			
25 9:30	6.6	3.7	14.8 int 4.1 ext	6.2 5.1	+ exp. d/ humid
10:30					

En algunos casos no sólo se aprecian los datos recabados que han servido para generar las tablas y gráficas definitivas, sino algunas anotaciones de referencia sobre ciertas condiciones específicas del uso del espacio.

Hoja de toma de datos dentro de la Casa TUTOR CET.

Estas tablas sirvieron de base para las realizadas en Microsoft Excel.

Casa de la Coordinación - Retardo térmico.

Registro 22 enero. Registro de temperaturas.

AM	INT.	Ext. Estac.	Ext. Bomb.	INT.
8:30	19.3	45°F	11°C	
9:30	19.3			
10:00	19.7	50°F 98%	12°C	67°F 33% ← 33% H.R. int. estando de una habitac. vacía
10:30	19.9	56°F 75%	14°C	67°F 33%
11:00	19.9	57°F 70%	15°C	67°F 33%
11:30	19.9	58°F 71%	15.5°C	70°F 31%
12:30	19.7	58°F 66%	15.5°C	68°F 32%
13:00	19.7	59°F 68%	17°C	68°F 32%
13:30	19.8	60°F 66%	16°C	68°F 38%

hoyada a las 10:30

19.2 muros perim. Foto 1075 12 PM

Noche 20 enero - madrugada 21

	M. 1			M. 2			M. 3		
	Temp Int	Temp Ext	H.R.	Temp Int	Temp Ext	H.R.			
20:00	18	3.1	38%	11.5	3.3	40%		15°C	
21:00	20.6	3.1	33%	8.8	3.3	47%		15°C	
22:00	21	2.9	32%	8.4	3.0	49%		15.5	
23:00	19.8	2.6	34%	8.2	2.6	50%		15	
24:00	20.1	1.4	31%	8.1	1.6	49%		14.0	agua lavabo → 7°C.
1:00	23.9	1.1	24%					12.0	
6:30	17.5	0.3	31%						
7:00	17.6	0.2	32%	7.4	0.1	50%			



Es interesante apreciar las diferencias que se presentan, derivadas de los distintos equipos que fueron utilizados (estación meteorológica, termómetros digitales simples y termo hidrómetros digitales y termómetros de mercurio).

Casa Piedra Hoja 1 TERMOHIDROMETRO

	Hora	IN	OUT	HUM	Personal
21	4 PM	18.9	16.9	33%	INT? EXT?
22	7:40 AM	9.5	6.1	68%	INT 18.9 EXT 16.9 ext 6.8 min 1.7
	2 PM	17.4	16.3	53%	71% 32%
	5 PM	16.6	12.7	52%	72% H. 32% MAX MIN
		2160 Altitud			
		INT 17.6 / 9.3 EXT 19.7 / 1.7			INT EXT 16.9 max 17.4 9.1 min 1.2
	8 AM	12.7	8.6	69%	71% 75% MS 32% min
	8 AM	reset			
	13.00	20.3	10.8	39%	

Casa Goodman noche 21 enero madrugada 22. Piedra / Piedra

	- COCINA - M. 1 -	Piedra -	Estación Davis	OK
8:40 PM	INT 12.9	EXT 5.3		
9:00 PM	10.7	5.0	V E-SE - 40°F 99%	INT H.R 74°F 26%
10:00	9.7	4.9	V E-SE - 35°F 99%	INT H.R 68°F 21%
12:00 AM	8.7	3.1	36°F 99%	82°F 23%
22 ene 12:30	8.6	2.8		
22 ene 1:00	8.5	2.5	temp - band 14°C	int 25°C
22 ene 1:30	8.3	2.3	35°F	79°F 21%
7:00	7.3	2.2	34°F	67°F 26%
	(1.2) minima ext (7.3) minima int			



## Hojas de tomas de datos período primavera

De la misma forma que en el período de invierno, se realizaron las hojas manuales de tomas de datos, mismas que se fueron vaciando permanentemente (durante los días de las mediciones) a las hojas de cálculo (*Excel* y *Works*).

II CASAS ADOBE

		°C	M1	MAX	MIN		°C	M2	MAX	MIN
5/06	9:00	21.8 IN 18.5 EXT	IN EXT	25.4 22.8	17.7 7.7		29.3 IN 20.1 EXT	IN EXT	32.1 22.6	19.1 9.1
	11:00	26.4 IN 27.9 EXT	IN EXT	26.9 30.9	21.6 18.8		31.8 IN 29.2 EXT	IN EXT	34.3 30.6	26.6 20.4
	18:30	28.1 IN 28.2 EXT	IN EXT	29.4 31.4	21.6 18.8		32.4 IN 27.4 EXT	IN EXT	37.3 30.7	26.6 20.4
6/06	10:00	22.2 IN 23 EXT	IN EXT	28.3 28.7	17.9 6.6		27.5 IN 25.6 EXT	IN EXT	35.2 28.0	20.2 8.1
	14:00	25.7 IN 26.1 EXT	IN EXT	25.7 28.7	22.2 23.2		31.9 IN 29.1 EXT	IN EXT	33.2 29.1	26.4 24.2
	18:00	27.2 IN 25.8 EXT	IN EXT	28.4 29.3	22.2 23.2		28.5 IN 26.1 EXT	IN EXT	33.4 30.1	26.4 24.2
7/06	10:00	19.9 IN 19.6 EXT	IN EXT	25.3 24.2	16.7 6.1		28.4 IN 26.3 EXT	IN EXT	29.7 26.2	17.9 8.4
	16:00	24.9 IN 25.7 EXT	IN EXT	25.7 27.8	20.1 20.0		25.7 IN 25.7 EXT	IN EXT	32.2 27.8	25.7 22.3
	19:00	23.7 IN 21.6 EXT	IN EXT	25.7 27.8	20.1 20.0		27.6 IN 23 EXT	IN EXT	32.2 27.8	25.1 22.3

CASA de PIEDRA 24°C/10:30 AM 23°C CET 10AM 6pm. Ranari

		°C/ H.R.		INF extremas	EXT	H.R.	
5/06		21.4 17.7 34	IN OUT %	27 22	MAX MIN	23.1 8.7	35% 24%
	14:00	25.2 26.5 23%		25.7 23.9	MAX MIN	28.2 17.7	36% 21%
	18:30	23.5 24.3 22%		26.1 23.9	MAX MIN	29.7 17.7	36% 21%
6/06	10:30	23.9 23.5 29%		→ 30.1 21.9	MAX MIN	25.0 7.6	33% 20%
	14:30	24.6 24.9 27%		24.8 23.5	MAX MIN	26.7 22.1	29% 26%
	19:00	24.2 22.2 24%		→ 25.9 23.5	MAX MIN	29.2 22.1	30% 21%
7/06	10:30	25.1 20.3 LOW		30.1 23.4	MAX MIN	22.6 7.3	33% LOW
	16:00	25.1 24.3		25.5 24.8	MAX MIN	26.4 19.6	20% LOW
	19:00	24.6 21.8 21%		25.2 24.6		25.4 21.3	21% LOW

casaventilada  
todo el  
dia

La metodología de lectura y toma de datos fue la misma en ambos períodos y sin embargo, es evidente que el trabajo de invierno sirvió de base para que las hojas de mediciones de la primavera se hayan generado evidentemente más ordenadas y completas que las primeras<sup>92</sup>.

CASA MADERA II									
				INT		EXT		H.R.	
3/06	10:00	19.8	INT	-	27	MAX	28.3	50%	MAX
		24.8	ext	-	10.7	MIN	3.9	low	MIN
3/06	18:00	24.7	INT		25.3	MAX	31	28%	
		23.6	ext		20.7	MIN	3.9	low	
4/06	8 AM	15.5			24.7	MAX	31*		
		19.1			14.2	MIN	7.6		
	12 MD	24.4	INT		24.4	MAX	33.7	50%	mid
		33.6	EXT		15.4	MIN	18.4	25%	
	5-7.8	25.94			27.6	MAX	34.5	50%	
		22.9			15.4	MIN	18.4	low	
5/06	19:00	22.2			27.0	MAX	34.5	50%	
		21.1			15.4	MIN	18.4	low	
	8:30	18.1	INT		23.3	MAX	23.3	55%	
		23.2	EXT		14.7	MIN	7.7	28%	
	11:00	25.7	INT		23.7	MAX	32.7	55%	
		29.4	EXT		18.3	MIN	22.1	25%	
	19:00	26.6	INT		27.2		32.7	53%	
		25.4	EXT		18.3		22.1	20%	

CASA MADERA II									
				INT		EXT		H.R.	
6/06	10:00	20.8	INT	26.4	MAX	24.4		55%	
		26.2	EXT	13.5	MIN	6.3		21%	
	11:00	24	INT	24.4		31.1		42%	
		30.8	EXT	20.7		24.1		30%	
	17:30	25.9		25.9		31.5		42%	
		25.6		20.7		24.1		21%	
	19:00	24.4		25.9		31.5		40%	
		23.2		20.7		23.1		30%	
7/06	10:00	19.2		24.3		26.5		54%	
		26.3		13.3		6.3		22%	
	16:00	24.9		24.9		30.5		41%	
		26.0		19.2		22.7		low	
	19:00	23.1		24.9		30.5		41%	
		20.3		19.2		20.3		low	

<sup>92</sup> En este segundo período se fueron enfatizando los datos de máximas y mínimas durante los recorridos, para avanzar más rápidamente en el trabajo realizado directamente en hojas de cálculo.

## ANEXO VI. Tablas de Datos

En la tabla de datos siguiente se colocan en las columnas los datos de interior-exterior, y en los renglones los datos de máximas-mínimas. El formato de esta tabla, fue sustituida por la siguiente, en la que se invierte el ordenamiento de los datos, pues resultó más clara la graficación de esta forma:

EXPERIMENTO 21 ENERO DE 21 HRS A 22 DE ENERO 7 HORAS		MEDICION 1		MEDICION 2				MEDICION 3
		HABITACION DE ACCESO (COCINA)		ESTACION METEOROLOGICA				HABITACION CON CHIMENEA
		TEMP INTERIOR	TEMP EXTERIOR	TEMP EXTERIOR	HUMEDAD RELATIVA EXT	TEMP INTERIOR	HUMEDAD RELATIVA INT	TEMPERATURA INTERIOR
21-ene	20,30	12,9	5,3					
21-ene	21,00	10,7	5,0	40,0	99,0	74,0	26,0	27,0
21-ene	22,00	9,7	4,9					27,0
21-ene	24,00	8,7	3,1	36,0	99,0	82,0	23,0	27,0
22-ene	0,30	8,6	2,8					
22-ene	1,00	8,5	2,5	TEMPERATURA INTERIOR DEL BAÑO 14°C				
22-ene	1,30	8,3	2,3	35,0		79,0	21,0	25,0
22-ene	7,00	7,5	2,2	34,0		67,0	28,0	

22-ene	1:30 PM	19,8	60,0	66,0	68,0	33,0	16,0
22-ene	2:00 PM	19,9	61,0	65,0	73,0	29,0	16,0
22-ene	2:30 PM	19,6	58,0	70,0	69,0	32,0	15,5
22-ene	3:00 PM	19,2	58,0	72,0	68,0	34,0	16,5
22-ene	3:30 PM	18,8	58,0	71,0	67,0	36,0	15,5
22-ene	4:00 PM	19,1	58,0	72,0	68,0	36,0	15,0
22-ene	4:30 PM	19,2	58,0	73,0	68,0	36,0	14,5
22-ene	5:00 PM						
22-ene	5:30 PM						
22-ene	6:00 PM	19,6	49,0	92,0	67,0	37,0	9,5
22-ene	6:30 PM						
22-ene	7:00 PM	19,8	47,0	97,0	67,0	38,0	9,0
22-ene	7:30 PM						
22-ene	8:00 PM	19,6	44,0	100,0	68,0	35,0	
22-ene	8:30 PM	19,5	43,0	100,0	68,0	35,0	
22-ene	9:00 PM						
22-ene	9:30 PM	19,2	44,0	100,0	67,0	36,0	

TABLA DE CONVERSIÓN DE TEMPERATURAS							
Unidad				Kelvin	Celsius	Fahrenheit	Rankine
Kelvin	0	K	=	0,00	-273,15	-459,67	0,00
Celsius	0	°C	=	273,15	0,00	32,00	491,67
Fahrenheit	40	°F	=	277,59	4,44	40,00	499,67
Rankine	0	R	=	0,00	-273,15	-459,67	0,00

Fracción de la tabla general de temperaturas de la sala de control CET, con intervalos de 1 hora:

		Temperatura exterior en °C	Temperatura Interior CET control en °C
20-ene	20:00	3,1	18,0
20-ene	21:00	3,1	20,6
20-ene	22:00	2,9	21,0
20-ene	23:00	2,6	19,8
21-ene	0:00	2,2	19,3
21-ene	1:00	1,9	18,8
21-ene	2:00	1,5	18,5
21-ene	3:00	1,1	18,2
21-ene	4:00	0,5	17,7
21-ene	5:00	0,1	17,4
21-ene	6:00	0,1	17,1
21-ene	7:00 AM	0,2	17,6
21-ene	8:00 AM	3,0	18,0
21-ene	9:00 AM	7,0	19,0
21-ene	10:00 AM	12,5	20,0
21-ene	11:00 AM	16,4	21,0
21-ene	12:00 PM	17,8	22,0
21-ene	1:00 PM	18,5	23,0
21-ene	2:00 PM	19,6	24,1
21-ene	3:00 PM	17,6	23,0
21-ene	4:00 PM	16,4	22,5
21-ene	5:00 PM	13,5	23,0
21-ene	6:00 PM	10,2	23,5
21-ene	7:00 PM	8,0	22,2

Tabla sintetizada de datos de la consola *Davis*:

INICIO DE MEDICIONES 22			MEDICION 2			
			ESTACION METEOROLOGICA LECTURAS DIRECTAS EN PANTALLA			
			Temperatura exterior en °C	HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR	Temperatura Interior CET control en °C	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR
20-ene	8:00 PM		3,1	38,0	18,0	38,0
20-ene	9:00 PM		3,1	40,0	20,6	33,0
20-ene	10:00 PM		2,9	49,0	21,0	32,0
20-ene	11:00 PM		2,6	50,0	19,8	34,0
21-ene	12:00 AM		2,2			
21-ene	1:00 AM		1,9			
21-ene	2:00 AM		1,5			
21-ene	3:00 AM		1,1			
21-ene	4:00 AM		0,5			
21-ene	5:00 AM		0,1			
21-ene	6:00 AM		0,1	50,0	17,1	31,0
21-ene	7:00 AM		0,2	50,0	17,6	32,0
21-ene	8:00 AM					
21-ene	9:00 AM					
21-ene	10:00 AM					
21-ene	11:00 AM					



Ejemplo de tabla de vaciado de datos, estancia en Cusárare:

CASA DE PIEDRA					
MEDICION 1					
			TEMP INTERIOR	TEMP EXTERIOR	HUMEDAD RELATIVA EXT
21-ene	16,00		18,9	16,9	33,0
22-ene	7,30		9,5	2,5	68,0
EXTREMOS NOCTURNOS			MAX	MAX	MAX
			18,9	16,9	71,0
			MIN	MIN	MIN
			6,8	1,7	32,0
22-ene	14,00		17,4	16,3	53,0
	17,00		16,6	12,7	52,0
EXTREMAS DIURNAS			MAX	MAX	MAX
			16,9	12,4	72,0
			MIN	MIN	MIN
			9,1	4,3	32,0
					32,0
OSCILACION DIARIA			12,1	10,7	
22-ene	17,00		16,6	12,7	52,0
22-ene	21,00		12,1	8,2	59,0
23-ene	8,00		12,7	8,6	69,0
23-ene	13,30		20,3	10,8	39,0
23-ene	18,00		13,6	9,3	64,0
23-ene	21,3		10,3	5,4	73,0
EXTREMOS diurnos			MAX	MAX	MAX
			16,7	15,6	76,0
			MIN	MIN	MIN
			9,1	8,6	32,0
OSCILACION DIARIA			3,9	11,3	
EXTREMOS NOCTURNOS			MAX	MAX	MAX
			14,0	17,6	77,0
			MIN	MIN	MIN
			6,3	1,5	32,0
24-ene	5,30		9,20	2,30	63
24-ene	10.,30		11,9	17,4	69
	17,30		15,9	12,2	41
EXTREMOS diurnos			MAX	MAX	MAX
			16,3	20,4	76,0
			MIN	MIN	MIN
			12,1	8,6	32,0

Ejemplo de tablas sintetizadas; pruebas previas a las que aparecen en el documento:

		DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6	
		2-jun		3-jun		4-jun		5-jun		6-jun		7-jun	
		INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR
MINI ESTACION	MAXIMA		29,5		29,5		31,5		30,8		28,4		27,3
	MINIMA		2,3		6,7		8,6		5,2		7,2		5,2
C E T CENTRO DE MEDICION	MAXIMA	21,5	24,5	21,5	27,5	22,0	29,0	22,0	28,5	23,0	27,5	22,5	26,0
	MINIMA			19,0	4,6	19,5	7,7	20,0	7,5	20,0	5,0	19,5	5,5
ADOBE 1	MAXIMA	26,9	28,8	26,1	31,8	27,2	31,0	29,4	31,4	28,4	29,3	25,8	27,8
	MINIMA	16,0	4,4	16,6	8,0	22,8	7,7	17,9	6,6	16,7	6,1	16,3	5,1
ADOBE 2	MAXIMA			32,4	28,0	33,7	30,7	37,3	30,7	33,2	30,1	32,2	27,8
	MINIMA			20,3	8,7	22,6	9,1	20,2	8,1	17,9	8,4	18,1	7,2
PIEDRA 2	MAXIMA	27,8	28,7	26,4	25,3	27,3	29,5	26,1	29,9	30,1	29,2	30,1	26,4
	MINIMA	21,1	6,0	21,5	8,2	22,0	8,7	21,9	7,6	23,4	7,3	20,7	5,9
MADERA 2	MAXIMA	27,0	28,3	25,3	31,0	27,6	34,5	27,2	32,7	25,9	31,5	24,9	30,9
	MINIMA	10,7	3,9	14,2	7,6	14,7	7,7	13,5	6,3	13,3	6,3	13,0	4,6
MADERA 4	MAXIMA			28,7	24,4	30,1	32,3	31,7	30,5	31,1	30,5	31,0	28,8
	MINIMA			14,8	7,7	23,1	7,2	15,0	6,1	23,5	5,9	11,7	5,0
OSCILACIONES DIARIAS													

		DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6	
		MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	MINIMA
MINI ESTACION	EXTERIOR												
C E T CENTRO DE MEDICION	INTERIOR	21,5		21,5	19,0	22,0	19,5	22,0	20	23,0	20	22,5	20
	EXTERIOR	24,5		27,5	4,6	29,0	7,7	28,5	7,5	27,5	5	26,0	6
ADOBE I	INTERIOR	26,9		26,1	16,0	27,2	16,6	29,4	22,8	28,4	17,9	25,8	16,7
	EXTERIOR	28,8		31,8	4,4	31,0	8	31,4	7,7	29,3	16,6	27,8	6,1
ADOBE II	INTERIOR			32,4		33,7	20,3	37,3	22,6	33,2	20,2	32,2	17,9
	EXTERIOR			28,0		30,7	8,7	30,7	9,1	30,1	8,1	27,8	8,4
PIEDRA II	INTERIOR	27,2		26,4	21,1	27,3	21,5	26,1	22	30,1	21,9	30,1	23,4
	EXTERIOR	28,7		25,3	6	29,5	8,2	29,9	8,7	29,2	7,6	26,4	7,3
MADERA II	INTERIOR	27		25,3	10,7	27,6	14,2	27,2	14,7	25,9	13,5	24,9	13,3
	EXTERIOR	28,3		31,0	3,9	34,5	7,6	32,7	7,7	31,5	6,3	30,9	6,3
MADERA IV	INTERIOR			28,7		30,1	14,8	31,7	23,1	31,1	15	31	23,5
	EXTERIOR			24,4		32,3	7,7	30,5	7,2	30,5	6,1	28,8	5,9

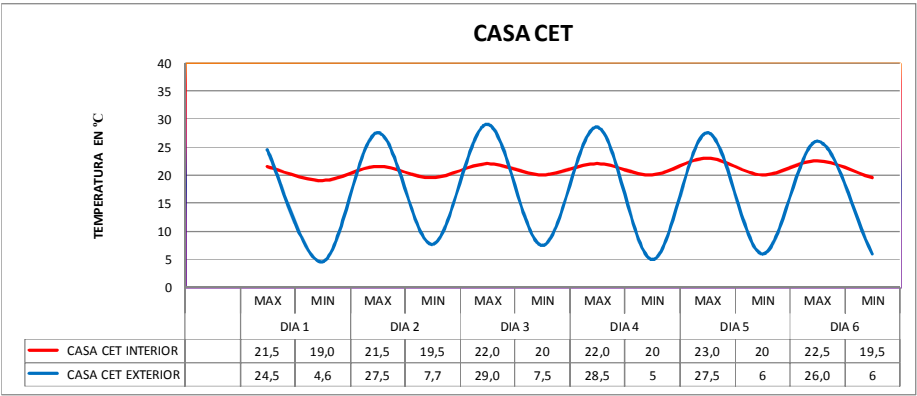
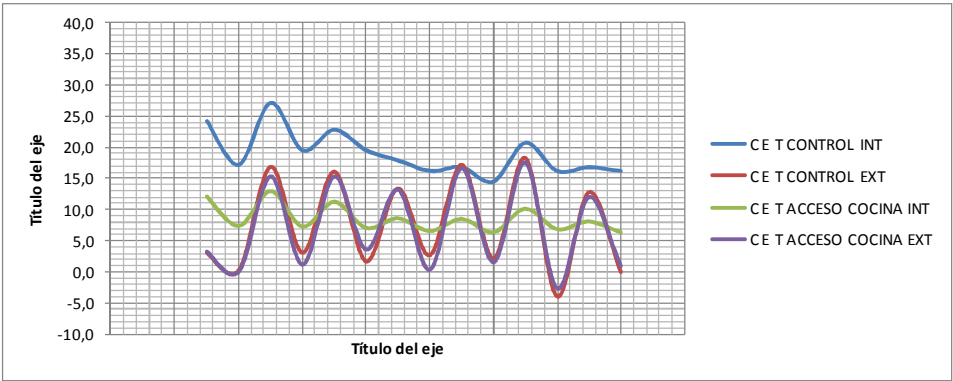
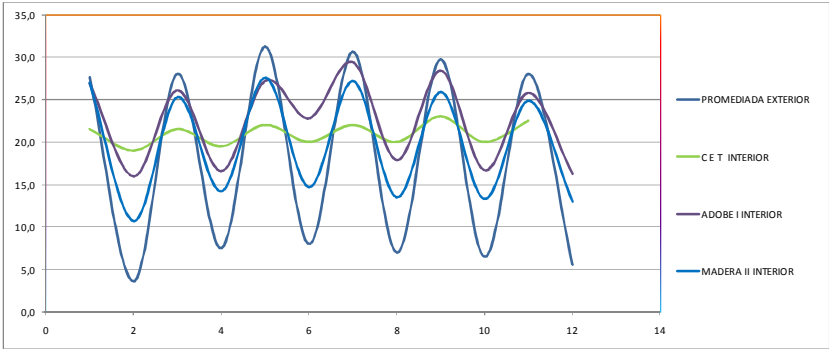
Los formatos (colores de textos y líneas divisorias) se fueron codificando y ajustando par diferenciar los períodos de medición, hasta aparecer como en el documento final.

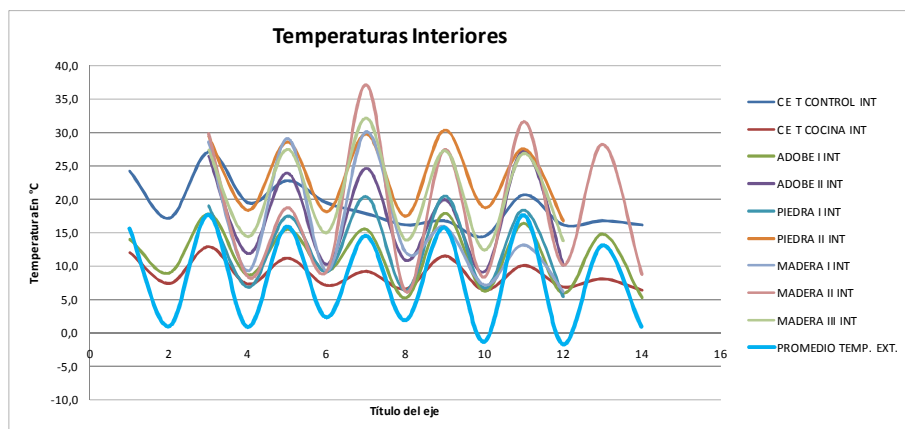
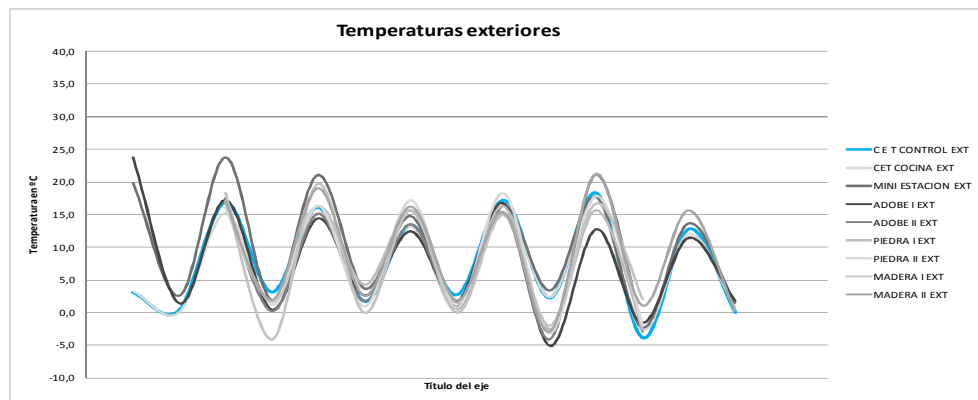
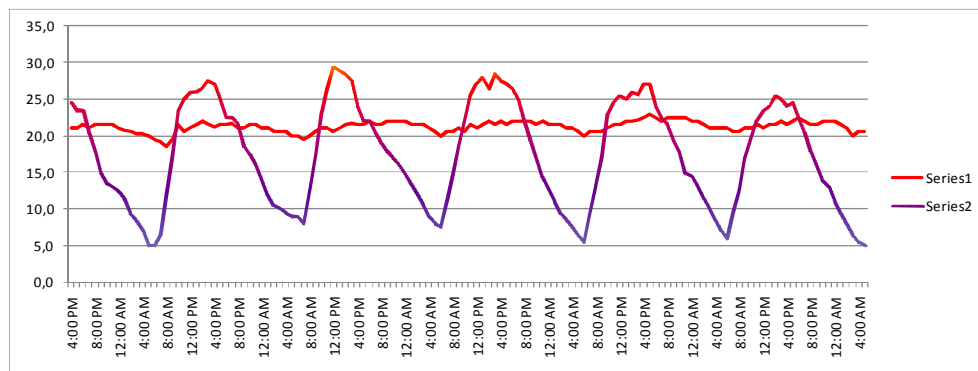
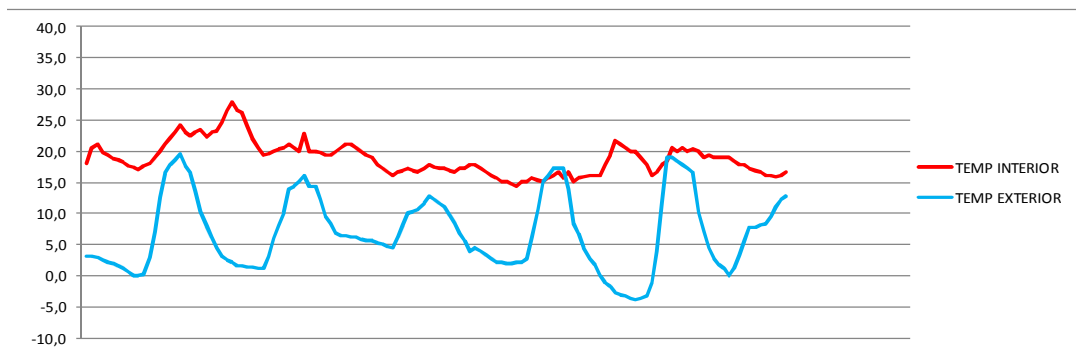


# ANEXO VII. Gráficas de Datos

De la misma forma que con las tablas de datos, se fueron experimentando un sinnúmero de tipos de gráficas, hasta encontrar las que consideré idóneas para referir todos los datos y enfatizar los más importantes de cada caso.

A continuación se presentan varios ejemplos de pruebas de graficación, tanto de los casos individuales, como de los agrupados generales.

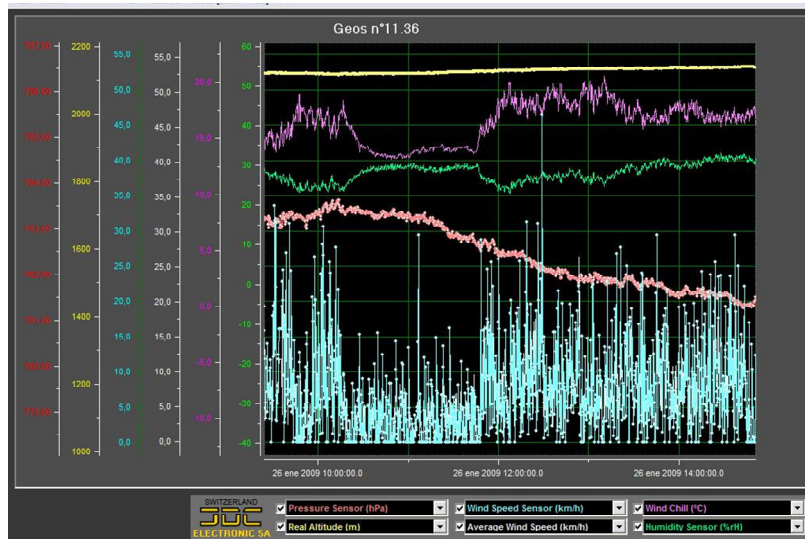




## ANEXO VII. Manejo y Graficación de Datos. Mini Estación Skywatch

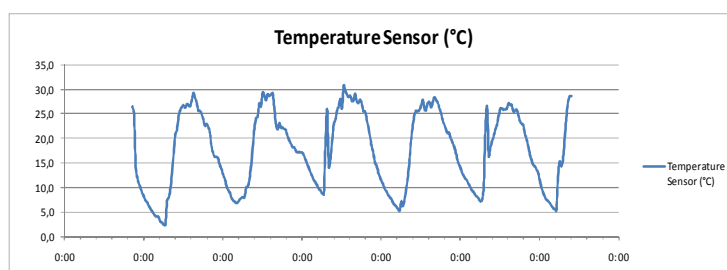
La siguiente imagen corresponde a una hoja de *Excel* cuyos datos se bajaron directamente del equipo, mediante un programa y su interfaz inalámbrica. Se cuenta con información de todos los parámetros de ambos períodos de mediciones con intervalos de 15 minutos y se puede graficar en tantas combinaciones como se desee (ver gráfica inferior).

Date-Time	Wind Speed Sensor (km/h)	Average Wind Speed (km/h)	Temperature Sensor (°C)	Humidity Sensor (%rH)	Flight Level	Pressure Sensor (hPa)	Pressure QNH Weather (hPa)	Real Altitude (m)	Relative Height (m)	Altitude Density (m)	Vario (m/s)	Finess	Wind (°C)	Chill (°C)	Dew (°C)	Point	Compass (°)
16:55,2	0	0	28,17	30,7	69,34	783,81	1013,51	2113,5	-2,2	3086,43	-0,1		28,17		9,3		
17:10,2	0	0	28,29	27,5	69,33	783,82	1013,52	2113,4	-2,29	3084,95	0		28,29		7,79		
17:25,2	0	0	28,37	33,29	69,33	783,83	1013,53	2113,29	-2,4	3097,98	-0,01		28,37		10,69		
17:40,2	0	0	28,5	34	69,34	783,81	1013,51	2113,5	-2,2	3103,96	0		28,5		11,11		
17:55,2	0	0	28,57	27,5	69,35	783,77	1013,46	2113,9	-1,79	3095,19	-0,05		28,57		8,02		
18:10,2	0	0	28,57	26,7	69,36	783,75	1013,44	2114,09	-1,59	3093,96	-0,1		28,57		7,59		
18:25,2	0	0	28,54	26,1	69,36	783,75	1013,44	2114,09	-1,59	3091,99	0,03		28,54		7,24		
18:40,2	0	0	28,5	26,1	69,35	783,76	1013,45	2114	-1,7	3090,12	0		28,5		7,19		
18:55,2	0	0	28,45	26	69,36	783,75	1013,44	2114,09	-1,59	3088,32	0,01		28,45		7,1		
22:16,4	0	0	27,37	26,29	69,36	783,74	1013,42	2114,2	-1,5	3051,46	0		27,37		6,35		
22:25,2	0	0	27,37	26,29	69,36	783,74	1013,42	2114,2	-1,5	3051,46	-0,06		27,37		6,35		
22:40,2	0	0	27,32	26,29	69,36	783,73	1013,41	2114,29	-1,4	3049,83	0,05		27,32		6,31		
22:55,4	0	0	27,25	26,29	69,41	783,59	1013,24	2115,7	0	3048,91	0,05		27,25		6,25		
23:10,4	0	0	27,17	26,29	69,4	783,62	1013,28	2115,4	-0,29	3045,93	0,05		27,17		6,18		
23:25,4	0	0	27,12	26,39	69,39	783,65	1013,32	2115,09	-0,59	3043,99	0,05		27,12		6,19		
23:40,4	0	0	27,1	26,6	69,37	783,69	1013,36	2114,7	-1	3042,97	0,05		27,1		6,28		
23:55,4	0	0	27	26,5	69,42	783,56	1013,21	2116	0,29	3040,89	0,05		27		6,14		
24:10,4	0	0	26,97	26,6	69,42	783,56	1013,21	2116	0,29	3040,18	0,05		26,97		6,18		
24:25,4	0	0	26,92	27,2	69,41	783,59	1013,24	2115,7	0	3039,07	0,05		26,92		6,46		
24:40,4	0	0	26,85	28,29	69,37	783,72	1013,4	2114,4	-1,29	3036,7	0,05		26,85		6,97		
24:55,4	0	0	26,82	27,7	69,37	783,72	1013,4	2114,4	-1,29	3034,82	0,05		26,82		6,64		
25:10,4	0	0	26,77	27,29	69,37	783,72	1013,4	2114,4	-1,29	3032,41	0,05		26,77		6,38		



La siguiente tabla, presenta sólo los parámetros que han sido utilizados en las mediciones de esta investigación (datos meteorológicos<sup>93</sup>).

	Date- Time	Temperature Sensor (°C)	Humidity Sensor (%rH)	Pressure Sensor (hPa)	Real Altitude	Wind Chill (°C)	Dew Point (°C)	
	2-jun-09	20:30	26,5	27,1	783,8	2114,1	26,5	6,1
	2-jun-09	21:00	25,0	26,7	784,0	2111,5	25,3	4,6
	2-jun-09	21:30	14,3	41,2	784,5	2106,4	14,3	1,3
	2-jun-09	22:00	12,1	47,8	784,7	2104,2	12,1	1,3
	2-jun-09	22:30	10,8	50,4	785,0	2101,6	10,8	0,9
	2-jun-09	23:00	9,8	54,2	785,0	2101,3	9,8	1,0
	2-jun-09	23:30	8,9	57,9	785,0	2101,3	8,9	1,1
		0:00	8,2	59,7	785,2	2099,4	8,2	0,8
	3-jun-09	0:30	7,4	62,2	785,0	2101,0	7,4	0,6
	3-jun-09	1:00	7,0	63,8	785,0	2101,3	7,0	0,6
	3-jun-09	1:30	6,2	66,9	784,8	2103,8	6,2	0,5
	3-jun-09	2:00	5,7	68,9	784,6	2105,8	5,7	0,4
	3-jun-09	2:30	5,2	70,4	784,5	2106,1	5,2	0,2
	3-jun-09	3:00	4,7	72,6	784,6	2105,8	4,7	0,2
	3-jun-09	3:30	4,2	74,6	784,6	2105,1	4,2	0,1
	3-jun-09	4:00	4,2	75,1	784,5	2106,4	4,2	0,2
	3-jun-09	4:30	4,0	75,9	784,5	2106,4	4,0	0,1
	3-jun-09	5:00	3,1	78,6	784,5	2106,4	3,1	-0,2
	3-jun-09	5:30	2,9	80,0	784,7	2104,8	2,9	-0,2
	3-jun-09	6:00	2,4	81,8	784,8	2103,8	2,4	-0,4
	3-jun-09	6:30	2,4	81,9	785,0	2101,3	2,4	-0,4
	3-jun-09	7:00	7,3	65,8	785,3	2098,0	7,3	1,3
	3-jun-09	7:30	8,0	61,9	785,4	2097,1	8,0	1,1
	3-jun-09	8:00	9,5	59,3	785,5	2096,2	9,5	2,0
	3-jun-09	8:30	12,9	52,6	785,3	2098,4	12,9	3,4
	3-jun-09	9:00	16,7	40,7	785,4	2096,8	16,7	3,3
	3-jun-09	9:30	20,9	3,2	785,2	-16,5	20,9	-25,1
	3-jun-09	10:00	21,7	13,0	785,1	-15,7	21,7	-7,9
	3-jun-09	10:30	24,5	19,0	785,1	2100,0	24,7	-0,6
	3-jun-09	11:00	25,8	17,7	785,0	2101,3	25,8	-0,5
	3-jun-09	11:30	26,5	17,4	784,7	2104,8	26,5	-0,2
		12:00	26,8	18,8	784,5	2106,4	26,8	1,1
	3-jun-09	12:30	26,3	17,5	784,6	2105,8	26,3	-0,3
	3-jun-09	13:00	27,0	17,4	784,3	2108,0	27,0	0,2



La gráfica anterior generada en *Microsoft Excel*. Y presenta los valores de temperatura de los siete días, registrados con la mini estación meteorológica.

<sup>93</sup> En esta selección se dejan solamente datos con intervalos de 30 minutos y se excluyen los registros cuyas funciones no son meteorológicas.

## ANEXO VIII. Datos complementarios de Interés

### Testimonios recogidos durante la estancia en Cusárare.

- *Chencho* me contaba que uno de sus hijos, en realidad no era de él, sino de un compadre que ya tenía muchos y por eso él le estaba ayudando a criarlo.
- De acuerdo con testimonios de la gente mayor, durante el invierno los *rarāmuris* están más por necesidad que por deseo en sus espacios interiores, mientras que en algunas noches del verano salen de las viviendas y duermen a la intemperie (aunque esto no pudo documentarse en los días de la investigación (junio).
- El Aseo personal, además de ser una cuestión cultural, es un problema agravado por escasez de agua y carencia de medios para calentarla.
- Los traslados para cualquier *chabochi* son muy complicados, pues no hay transporte público regular entre las comunidades más adentradas en la Sierra. Ellos caminan...y caminan...
- María Felicitas me comentaba que anteriormente las mujeres parían a sus hijos en la montaña y recién nacidos los ponían a la intemperie sólo sobre una manta..."antes eran mucho más sanos que los de hoy, que nacen en clínicas u hospitales"...Agregaba que en las peregrinaciones (nomadismo actual cíclico) de un sitio a otro, las mujeres se envuelven en sus empalmes (prendas-vestidos) y si les toma la noche durante el camino, se los quitan y los usan de sábanas y cobijas para recostarse.
- Casi cuarenta horas después de apagada la chimenea (CET), continuaba irradiando calor.
- Cuando los *rarāmuris* de la Alta Tarahumara emigran para trabajar, siempre lo hacen hacia las zonas altas (Chihuahua, Juárez), a diferencia de los pobladores de la Baja Tarahumara, que van hacia la costa y buscan sitios cercanos a Sinaloa. Esto habla de que más allá de la aclimatación natural, prefieren su clima.
- Durante los días de medición de invierno, se tomaron las temperaturas de los pisos de todas las viviendas y el piso más frío fue el cerámico de la casa CET. Los de tierra de todas las casas, estaban a la misma temperatura que los muros.
- La temperatura del agua potable en las madrugadas se registró en 3°C. La temperatura superficial de la ropa era de 6°C en los horarios más fríos.
- En una visita a la casa ADOBE, le pregunté a Teresa la hora y me dijo que no tenía reloj...ante mi sorpresa agregó:...“¿para qué?”...
- Una de las noches de mediciones de invierno, comenté con *Chencho* la claridad del cielo y lo espectacular que era ver tal cantidad de estrellas..."En la ciudad no vemos las estrellas *Chencho*"—le dije—. Su comentario fue: "es el reloj"...agregó que cuando amanece o anochece, tal o cual conjunto de estrellas está..."de un lado...o del otro"...
- En algunas conversaciones con los propietarios de las viviendas me enteré de que antiguamente los *rarāmuris* conocían de tal forma las conductas de los animales, que observándolos sabían cuándo debían comenzar la siembra, o cuándo iniciarían las lluvias.
- Sin importar el tema o la ocasión, el desconocimiento del lenguaje (recíproco) genera dificultades de intercambiar con los *rarāmuris* comentarios de fondo y forma. Con frecuencia las conversaciones dejan interrogantes, siempre interesantes o curiosas.

## **ANEXO IX. Currículum Vitae**

### **IRATZIO ESQUIVEL GARCIA**

Nacido en México, D.F., el 17 de diciembre de 1968.

Domicilio: Talara N°. 100-4 Col. Tepeyac Insurgentes, México, D. F., C. P. 07020

### **ESTUDIOS**

#### **MAESTRIA**

Maestría en Arquitectura Bioclimática, en la Universidad Autónoma Metropolitana (plantel Azcapotzalco). Cursos terminados. Presentación de tesis de maestría, marzo de 2010.

#### **ESPECIALIDAD**

Grado de Especialista en Arquitectura Bioclimática, recibido en la Universidad Autónoma Metropolitana (plantel Azcapotzalco, octubre de 2008). Mención Académica mejor trabajo de especialización (CYAD, 2009).

Medalla al mérito mejor promedio (CYAD, 2009).

#### **LICENCIATURA**

Titulado Arquitecto en septiembre de 1991, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM, 1986-1991). CEDULA PROFESIONAL N°: 1635004

### **ACTIVIDADES ACTUALES**

#### **ARCO, ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN, S.C. PROPIETARIO PERSONA MORAL**

Talara N° 100-3, Col. Tepeyac Insurgentes,

México, D.F., 07020, Tels. (55) 57-81-81-12

**PAGINA WEB:** [www.arco-sc.com](http://www.arco-sc.com). E mail: [arco@prodigy.net.mx](mailto:arco@prodigy.net.mx), [iratzioe@yahoo.com](mailto:iratzioe@yahoo.com)

#### **TECNOLOGIA SOLAR PERSONA FISICA CON ACTIVIDAD EMPRESARIAL**

Talara N° 100-4, Col. Tepeyac Insurgentes,

México, D.F., 07020, Tels. (55) 50-25-52-17, 57 48 02 37 (Fax)

**PAGINA WEB:** [www.solartec.com.mx](http://www.solartec.com.mx). E mail: [instal@solartec.com.mx](mailto:instal@solartec.com.mx)



## **EXPERIENCIA PROFESIONAL**

### **ARCO, ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION, S.C. (1994-2010)**

#### **DIRECTOR DE PROYECTOS Y OBRAS**

Empresa propia, en la que desempeña la coordinación integral de un equipo profesional de la industria de la construcción, que desarrolla desde estudios preliminares de geofísica, hasta la supervisión de obra civil y decoración de interiores, incluyendo la gestoría de todos los requerimientos legales y el desarrollo integral del proyecto ejecutivo y desarrollo informático.

Durante los diez y seis años de vida de la empresa, ha ejecutado más de cuarenta obras nuevas y alrededor de cien proyectos y remodelaciones, tanto de vivienda (lujo, residencial e interés medio) como de otro tipo de edificaciones del sector comercial y servicios, la mayor parte de ellas en la ciudad de México.

A partir de 2005, ha ejecutado al menos diez obras con la implementación de redes de reciclaje de agua y sistemas de energía solar (foto térmica y fotovoltaica).

Todos los proyectos y obras que desarrolla actualmente se ejecutan con criterios de arquitectura bioclimática y desarrollo sustentable.

Para más información, consultar currículum desglosado en [www.arco-sc.com](http://www.arco-sc.com).

### **TECNOLOGIA SOLAR (2006-2010)**

#### **ARQ. IRATZIO ESQUIVEL GARCIA**

Distribuidor de Módulo Solar S.A. de C.V., en México, D.F. (Zona Norte)

Negocio propio en el que se realiza la instalación de equipos de calentamiento de agua de energía solar, para vivienda, albercas y edificaciones de todo tipo.

Promueve también la instalación de equipos de energía solar, tanto para generación de energía eléctrica (paneles fotovoltaicos), como para cocción de alimentos (parrillas y hornos solares).

### **FREA S.A. DE C.V.**

(1992-1994)

Coordinación de obras; empresa familiar dedicada a la ejecución de proyectos de arquitectura, construcción –obra civil- y decoración en general.

### **GRUPO YODRI DE MÉXICO**

(1990-1991)

Empresa dedicada a la fabricación de muebles de exhibición sobre diseño, así como la instalación integral de locales comerciales.

## **OTRAS ACTIVIDADES ACTUALES**

### **ADHOCS, ASOCIACION DE DERECHOS HUMANOS, ORGANIZACIÓN Y COMUNICACIÓN SOSTENIBLE, A.C.**

#### **APOYO ADMINISTRATIVO**

Asociación Civil familiar creada para la difusión de la cultura en general, desde un punto de vista crítico e interactivo. Se han realizado durante desde 2006 al menos quince muestras de Cine documental Internacional de Derechos humanos, en varias provincias del país y España.

#### **ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS**

Tres cursos completos de introducción a la arquitectura bioclimática y el desarrollo sustentable en la Fundación El Manantial, México, D. F., (2005, 2006 y 2007).

Dos seminarios de arquitectura bioclimática UAM, (2008, 2009).

Dictaminador en el área de desarrollo sustentable, para el Instituto Mexicano de la juventud, Proyectos juveniles, (2009).

Conducción de Programas de radio “Introducción a la música clásica”, Villahermosa, Tabasco, (2006).

Miembro del seminario de arquitectura prehispánica del centro de investigaciones arquitectónicas de la UNAM. (1989-1994).

Participación como socio expositor de “Intelligent Biometric Controls of México” en Expo Cihac (2004).

Participación como Proveedor, Primera Feria de Unidades Habitacionales, Zócalo, D.F (2001).

Participación en diversos cursos de urbanismo y arquitectura en México, época prehispánica (1989-1993)

Fotografía Arquitectónica y de Paisaje.

Viajes diversos por el interior y el extranjero (1992-2010).

Siete años de estudio de guitarra clásica con el profesor Manuel Rosillo del Conservatorio Nacional de Música, México, D.F. (1987-1991)

Ha impartido cursos diversos de guitarra clásica. (1991-1996).

Instructor de Tenis, con veinticinco años de práctica. (1982-2010).

Participación de recitales musicales de guitarra clásica en: auditorio del conservatorio nacional de música, Universidad del Tepeyac, UNAM, entre otros. (1990-1997).

México, D.F. marzo de 2010.

---